"مرحبًا بستيفن هوكينغ الجديد.. 'نظام الزمن' كتاب مبهر"
The Sunday Times

نظام الزمن

كارلو روڤيللي

الثنوير

ترجمة: إيهاب عبد الحميد

نظام الزمن

تأليف: كارلو رو ڤ يللي

ترجمة: إيهاب عبد الحميد



الكتاب: نظام الزمن

تأليف: كارلو روڤيللي

ترجمة: إيهاب عبد الحميد

عدد الصفحات: 208 صفحة

الترقيم الدولي: 978-614-472-098-1

الطبعة الأولى: 2019

by Simon Carnell and Erica Segre

الناشر


دار التنوير للطباعة والنشر

لبنان: بيروت - بئر حسن - بناية فارس قاسم (سارة بنما) - الطابق السفلي

هاتف: 009611843340

بريد إلكتروني: darattanweer@gmail.com

مصر: القاهرة - 2 شارع السرايا الكبرى (فؤاد سراج الدين سابقا) - جاردن سيتي

هاتف: 002022795557

بريد إلكتروني: cairo@dar-altanweer.com

تونس: 24، نهج سعيد أبو بكر - 1001 تونس

هاتف وفاكس: 0021670315690

بريد إلكتروني: tunis@dar-altanweer.com

موقع إلكتروني: www.daraltanweer.com

إلى إرنستو، وبيلّو، وإدواردو

الأبيات الشعرية التي تَفتتح كل فصل، ما لم يُذكر غير ذلك، مأخوذة من قصائد الشاعر «هوراس» الغنائية، التي ترجمها غيليو غاليتو، والمنشورة في مصنَّفٍ صغيرٍ ساحرٍ باسم In questo breve cerchio، (منشـورات Edizioni del Paniere, Verona, 1980)؛ الترجمـة الإنكليزيـة لإيريكـا سـيغري وسـيمون كـارنيل، والترجمـة العربيـة لإيهاب عبد الحميد.

الزَّمنُ قدْ يكونُ اللغْزَ الأعْظمَ

حتى الكلماتِ التي ننطقُها الآنَ

فنَسرقُ بها الزمنَ

قد استُلِبتْ مِنَّا

وما ضاعَ لا يرجعُ. (I, 11)

أتوقّف ولا أفعل شيئًا. لا شيء يحدث. أفكر في لا شيء. أصغي لمرور الزمن.

هذا هو الزمن، مألوفٌ وحميمٌ. يستولي علينا. تهافُت الثواني، الساعات، السنوات، الذي يطرحنا إلى الحياة ثم يجرّنا نحو العدم... إننا نسكن الزمن مثلما تعيش الأسماك في الماء. وجودنا وجودٌ في الزمن. موسيقاه الجليلة ترعانا، تفتح العالم أمامنا، تُناكدنا، تُخيفنا، وتُهدهدنا. العالم يتكشّف داخل المستقبل، يجرُّه الزمن؛ وجوده خاضع لنظام الزمن.

في الميثولوجيا الهندوسية، يُصوَّر نهر الكون بالرسمة المقدّسة للإله «شيفا» وهو يرقص: رقصته تحافظ على مسارات الكون؛ إنه هو نفسه تدفّق الزمن. ما الذي يمكن أن يكون أكثر عالمية ووضوحًا من هذا التدفّق؟

بيدَ أن الأمور أكثر تعقيدًا من ذلك. والحقيقة غالبًا ما تكون مختلفة جدّ الاختلاف عن مظهرها. الأرض تبدو مسطحة لكنّها في الحقيقة كرويّة. الشمس تبدو وكأنها تدور في السماء بينما في الحقيقة نحن الذين ندور حول أنفسنا. بالمثل، فإن بنية الزمن ليست كما تبدو: إنها مختلفة عن ذلك التدفق الموحَّد، الكوني. وقد اكتشفتُ ذلك، لدهشتي البالغة، في كتب الفيزياء التي قرأتُها طالبًا في الجامعة: الزمن يعمل بشكل مختلف تمامًا عمّا يبدو.

في هاتِه الكتب نفسها اكتشفتُ أيضًا أننا لا نزال جاهلين بطريقة عمل الزمن فعليًّا. لعلّ طبيعة الزمن هي أعظم ما تبقّى لنا من ألغاز. وثمة خيوط لافتة

تربطه بغيره من الألغاز العظمى الأخرى التي ظلّت بلا حلٍّ: طبيعة العقل، أصل الكون، آلية عمل الحياة ذاتها على سطح الأرض. ثمة شيء جوهري يظلّ يجذبنا إلى الوراء، إلى طبيعة الزمن.

الدهشة هي مصدر رغبتنا في المعرفة(1)، واكتشافُ أن الزمن ليس كما تصوّرناه يفتحُ الباب أمام آلاف الأسئلة. لقد ظلّت طبيعة الزمن في صميم عملي في الفيزياء النظرية طيلة حياتي. وفي الصفحات التالية، أستعرض ما فهمناه عن الزمن والمسارات التي نسلكها سعيًا للتوصّل إلى فهمٍ أفضل لطبيعته. كما أستعرض ما لم نفهمه بعد، وما يبدو لي أننا قد بدأنا نحظى بلمحة بسيطة منه، لا أكثر.

لماذا نتذكّر الماضي لا المستقبل؟ هل نوجد في الزمن، أم يوجد الزمن فينا؟ ماذا يعني حقًّا قولُنا إن الزّمنَ «يمرّ»؟ ما الذي يربط الزّمن إلى طبيعتنا كأشخاص، أو إلى نظرتنا الذاتيّة؟

ما الذي أُصغي إليه عندما أُصغي إلى مرور الزمن؟

هذا الكتاب مقسَّم إلى ثلاثة أقسام غير متساوية. في الأول، ألخِّص ما فهمه الفيزيائيون الـمُحدَثون عن الزّمن. الأمر يشبه الإمساك بندِفة ثلج في يديك: تدريجيًّا، وبينما تعكف على دراستها، تجدها تذوب بين أصابعك وتتلاشى. تقليديًّا، نحن نفكّر في الزمن كشيء بسيط وأساسي يتدفّق على نحو متجانس، مستقلًّا عن كل شيء آخر، من الماضي إلى المستقبل، تقيسه الساعات على الجدران وحول المعاصم. وفي مسار الزمن، تترى أحداث العالم وراء بعضها البعض بطريقة منتظمة: ماضِيات، ثم حاضِرات، ثم مُستقبَلات. الماضي ثابت، المستقبل مفتوح... مع ذلك، فقد تبيّنَ خطأ كل هذا.

لقد أثبتت الملامح المميزة للزمن، واحدة بعد أخرى، أنها مجرد تقريبات، أخطاء يفرضها علينا منظورنا، تمامًا مثل تَسطُّح الأرض أو دوران الشمس. وقد قادنا تنامي معارفنا إلى تفكيك بطيء لفكرتنا عن الزّمن. ما نسمّيه «زمنًا» هو مجموعة معقدة من البُنى(2)، من الطبقات. وبمزيد من التدقيق، بتعمُّقٍ أكبر وأعظم،

فقَدَ الزّمنُ طبقاتَه واحدة تلو أخرى، قطعة بعد أخرى. والقسم الأول من هذا الكتاب يقدم استعراضًا لتفتّت الزّمن هذا.

القسم الثاني يصِفُ ما ظلّ بين أيدينا: أرضٌ خلاء، تُصفِّر فيها الريح، خاويةٌ - تقريبًا - من أيّ أثرٍ للزّمنيّة. عالَم غريب، عجيب، لكنه لا يزال عالـَمُنا. الأمر يشبه وصولنا إلى قمة جبل عالٍ، حيث لا شيء سوى الثلج، والصخور، والسماء. أو يشبه ما لا بدّ رآه أرمسترونغ وألدرين عندما غامرا بالسير على رمال القمر الساكنة. عالَم متجرِّد من جوهره، متلألئ بجمال قاحل ومُقلق. الفيزياء التي أعمل عليها - الجاذبية الكمّية quantum gravity، هي محاولة لفهم هذا المنظر الطبيعي المتطرِّف والجميل وإسباغ معنًى متماسك عليه. على العالم بلا زمن.

القسم الثالث من هذا الكتاب هو الأشد صعوبة، لكنه أيضًا الأكثر أهمية، والأكثر اتصالًا بنا. في عالم من غير زمن، لا بدّ وأن ثمّة شيئًا لا يزال يُنشئ الزمن الذي اعتدنا عليه، بنظامه، بماضيه المختلف عن المستقبل، بتدفّقه السلس. بطريقة ما، لا بدّ لزمننا أن يتجلّى حولنا، على الأقل من أجلنا ووفقًا لمقياسنا(3).

إنها رحلة عودة، إلى الوراء، باتجاه الزمن الذي فقدناه في القسم الأول من الكتاب ونحن نتتبّع القواعد اللغويّة الأوليّة للعالم. وكما في روايات الجريمة، سنبحث الآن عن المذنِب: الجاني الذي ابتدع الزمن. وخطوة بخطوة، نكتشف العناصر الأساسية المكوِّنة للزمن المألوف لدينا، ليس كبُنًى أوليّة للحقيقة الآن، وإنما - بالأحرى - كتقريبات مفيدة نستخدمها نحن المخلوقات الفانية الخرقاء المتخبِّطة: وجهة نظرنا، التي قد تكون - أيضًا - حاسمة في تحديد ماهيتنا. لأن لغز الزمن في نهاية المطاف يتعلّق، ربما، بذواتنا أكثر مما يتعلّق بالكون. ولعلّنا نكتشف أن الجاني، كما في أولى الروايات البوليسية وأعظمها على الإطلاق، «أوديب الملك» لسوفوكليس، ليس إلا المحقِّق نفسه.

هنا، يصير الكتاب حُممًا متوهِّجة من الأفكار؛ أفكارٌ منيرة أحيانًا، ومُربكة في أحيان أخرى. إذا قررتم متابعتي، سآخذكم إلى حيث وصلَت معرفتنا بالزمن، في ظنّي: إلى تخوم ذلك المحيط الليليّ الشاسع المرصّع بالنجوم، الذي يشمل كل

ما لا نزال نجهله.

القسم الأول تفتُّت الزمن

١ - ضياع الوحدة

رقصاتُ الحُبِّ

تُضفِّرُ هاتِه الحسناواتِ

تحتَ سنا القمرِ

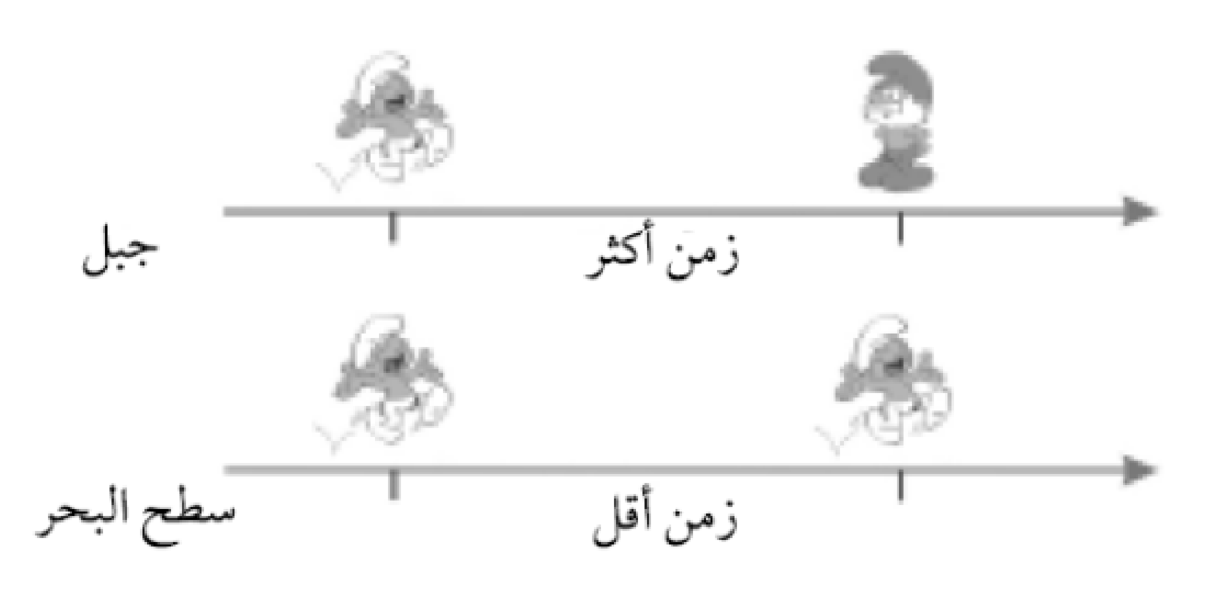
في تلك الليالي الصّافيةِ. (I,4)

تباطؤُ الزَّمَنِ

لنبدأ بحقيقة بسيطة: الزمن يمرّ أسرع في الجبال منه عند مستوى سطح البحر.

الفارق ضئيل، لكن يمكن قياسه بالميقاتيّات بالغة الدقة التي نستطيع شراءها اليوم من على الإنترنت مقابل بضعة آلاف من الدولارات. وبالتمرين، يستطيع أيُّ شخص أن يشهد على تباطؤ الزمن. وباستخدام ميقاتيّات المختبرَات المتخصّصة، يمكن تبيّن هذا التباطؤ في الزمن بين مستويين لا يرتفع أحدهما عن الآخر إلا بضعة سنتيمترات: الساعة الموضوعة على الأرض تجري أبطأ قليلاً من الساعة فوق الطاولة.

ليست الساعات فقط هي التي تتباطأ: ففي الأسفل، تصير كل السيرورات أبطأ. صديقان ينفصلان، أحدهما يعيش في السهول والآخر ينتقل للعيش في الجبال. يلتقيان مجدّداً بعد سنوات: الشخص الذي بقي في الأسفل عاش أقل، تقادَم على نحو أقل، بندول ساعة الوقواق الخاصّة به تأرجح عدداً أقل من المرات. حظِيَ بزمنٍ أقلّ لإنجاز الأشياء، نباتاته نمَت بمقدار أقل، وأفكاره وَجدت زمناً أقل لكي تنضج... في الأسفل، هناك ببساطة زمنٌ أقل مقارنة بالأعلى.



هل هذه مفاجأة؟ ربما. لكنْ هكذا يعمل العالم. الزمن يمرّ أبطأ في بعض الأماكن، وأسرع في أماكن أخرى.

لكن المفاجأة، ربما، هي أن شخصًا ما قد فهم تباطؤ الزمن هذا قبل قرنٍ كامل من صناعة ساعات دقيقة بما يكفي لقياسه. شخصٌ اسمه، بالطبع، ألبرت أينشتاين.

القدرة على فهم شيء ما قبل ملاحظته تقع في صميم التفكير العلمي. في سالف العصور، فهمَ أناكسيمندر أن السماء تستمر في الامتداد تحت أقدامنا قبل أن تتمكّن السفن من الإبحار حول الأرض. وفي بداية العصر الحديث، فهم كوبرنيكوس أن الأرض تدور قبل زمن طويل من رؤية روّاد الفضاء لها وهي تدور من فوق سطح القمر. على المنوال نفسه، فهم أينشتاين أن الزّمن لا يمرّ على نحو موحَّد في كل مكان قبل تطوير ساعات دقيقة بما يكفي لقياس السرعات المختلفة التي يمرّ بها.

في معرضِ قَطعِنا لهذا الشوط، تَعلّمنا أن الأشياء التي تبدو بديهية أمام أعيننا ليست، في الحقيقة، أكثر من أهواء وتحيّزات. لقد بدا جليًّا لنا أن السماء فوقنا لا تحتنا، وإلا لسقط كل شيء وتحطّم. ومرور الزمن بالسرعة نفسها في كل مكان بدا واضحًا لنا بالقدر نفسه... يكبر الأطفال ويكتشفون أن العالم ليس كما ظهر لهم من بين جدران بيوتهم الأربعة. ويعيش الجنس البشري كلُّه الخبرة نفسها.

سأل أينشتاين نفسه سؤالًا لعلّه أربك الكثيرين منّا عند دراسة قوة الجاذبية: كيف للشمس والأرض أن «تجذب» كلتاهما الأخرى من غير أن تتلامسا ومن غير أن تستميلا أي شيء بينهما؟

بحثَ عن تفسير وجيه وعثرَ عليه حين تخيّل أن الشمس والأرض لا تتجاذبان مباشرة وإنما تؤثر كل منهما تدريجيًّا على ما بينهما. وحيث إن ما يقع بينهما ليس إلا مكانًا (فضاء) وزمنًا(*)، فقد تخيّل أن الشمس والأرض، كليهما، تعدّلان المكان والزمن المحيطَين بهما، تمامًا كما يغطس جسم في الماء فيزيح الماء من حوله. هذا التعديل لبِنية الزّمن يؤثر، من ثم، على حركة الأجسام، فيجعلها «تسقط» باتجاه بعضها بعضًا(1).

ماذا يعني هذا «التعديل في بِنية الزّمن»؟ إنه يعني تحديدًا إبطاء الزمن الموصوف بالأعلى: الكتلة تُبطئ الزمن حول نفسها. والأرض كتلة كبيرة تُبطئ الزمن في تخومها. وهي تفعل ذلك أكثر في السهول وأقل في الجبال، لأن السهول أقرب إليها. لهذا السبب يشيخ الصديق الذي ظلّ عند مستوى البحر على نحو أبطأ.

إذا سقطَت الأشياء، فإن ذلك يرجع إلى تباطؤ الزمن. حيثما يمرّ الزمن على نحو متجانس، في الفضاء الكوكبي، لا تسقط الأشياء. إنها تطفو، بلا سقوط. هنا على سطح كوكبنا، بالمقابل، تجنح حركة الأشياء بشكل طبيعي باتجاه المكان الذي يمرّ به الزّمن على نحو أبطأ، مثلما نجري من الشاطئ إلى البحر فتجعلنا مقاومة الماء على سيقاننا نسقط برؤوسنا وسط الأمواج. الأشياء تسقط إلى أسفل لأن الزمن، هناك بالأسفل، يتباطأ بفعل الأرض(2).

هكذا، وبالرغم من عجزنا عن ملاحظة ذلك بسهولة، فإن تباطؤ الزمن له تأثيرات حاسمة: الأشياء تسقط بسببه، وبفضلِه نتمكّن من تثبيت أقدامنا على الأرض. فإذا التصقَت أقدامُنا بالرصيف، فإن ذلك يرجع إلى أن جسدنا بأكمله يجنح بشكل طبيعي إلى حيث يجري الزمن أبطأ - والزمن يمر أبطأ على قدميك مقارنة برأسك.

هل يبدو ذلك غريبًا؟ الأمر أشبه بأن نراقب الشمس وهي تهبط بمهابةٍ في الغروب، مختفيةً ببطء وراء السحب البعيدة، فنتذكّر فجأة أن ما يتحرّك ليس الشمس وإنما الأرض التي تدور حول نفسها، ونرى بعين عقلنا المفكوكة كوكبنا بأكمله - ونحن معه - يدور إلى الخلف، بعيدًا عن الشمس. إننا نرى بعيوننا «المجنونة»، مثل عينَي «الأحمق على التل» في أغنية بول مكارتني(**): هاتان العينان الممسوستان اللتان تريان أحيانًا ما لا يراه بصرنا العادي الأعمش.

ألفُ شيفا راقصٍ

لديّ شغف دائم لا ينقطع بأناكسيمندر، الفيلسوف اليوناني الذي عاش قبل ستة وعشرين قرنًا وفهمَ أن الأرض تَسبح في الفضاء، بلا شيء يدعمها(3). لقد عرفنا بأفكار أناكسيمندر عبر كتّاب آخرين. لم يصل إلينا إلا مقتطفٌ صغير أصليّ من كتاباته - مقتطف واحد:

الأشياء تتحوّل من بعضها إلى البعض وفقًا للضرورة، وتُقِيم العدلَ بين بعضها البعض وفقًا لنظام الزمن.

«وفقًا لنظام الزمن» (κατὰ τὴν τοῦ κρόνου τάξιν). من إحدى أولى اللحظات الحاسمة في العلم الطبيعي لم يتبقَّ لنا إلا تلك الكلمات الرنانة ذات الطابع الكهنوتي، هذا التضرّع إلى «نظام الزمن».

لقد تطوّرت علوم الفلك والفيزياء من وقتها سائرة على خطى ذلك الأثر الخلّاق الذي تركه لنا أناكسيمندر: عن طريق فهم كيفية حدوث الظواهر وفقًا لنظام الزمن. في العصور الغابرة، وصفَ الفلكُ حركة النجوم في الزمن. وتصفُ معادلات الفيزياء كيف تتغير الأشياء في الزمن. منذ معادلات نيوتن، التي أرسَت أساسات الميكانيكا، إلى معادلات ماكسويل الخاصّة بالظواهر الكهرومغناطيسية؛ من معادلة شرودنغر التي تصف تطور الظواهر الكَميّة، إلى معادلات نظرية المجال الكَمّي الخاصة بديناميكا الجُسيْمات دون الذرية: ظلّت الفيزياء بأكملها، والعلم عمومًا، تتناول كيفية تطور الأشياء «وفقًا لنظام الزمن».

لقد اصطُلح منذ زمن بعيد على الإشارة إلى هذا الزمن في المعادلات باستخدام الحرف t (كلمة زمن تبدأ بهذا بحرف t في الإيطالية والفرنسية والإسبانية، فضلاً عن الإنكليزية، لكن ليس في الألمانية ولا العربية ولا الروسية ولا الماندرين). فماذا يمثّل t؟ إنه يمثّل العدد الذي تقيسه الساعة. المعادلات تخبرنا كيف تتغيرّ الأشياء مع مرور الزمن الذي تقيسه الساعة.

لكن إذا كانت الساعات المختلفة تؤشّر إلى أزمنة مختلفة، كما رأينا آنفًا، فماذا يمثل t إذًا؟ عندما يلتقي صديقان بعد أن عاش أحدهما في الجبال والآخر عند سطح البحر، ستُظهر الساعتان حول معصميهما زمنين مختلفين. فأيّهما t؟ في مختبر الفيزياء، تجري الساعة على الطاولة والأخرى على الأرض بسرعتين مختلفتين. فأيّ الاثنتين تخبرنا بالزمن؟ وكيف نَصِفُ الفارق بينهما؟ أنقول إن الساعة على الأرض قد تباطأت بالنسبة إلى الزمن الحقيقي المسجَّل على الطاولة؟ أم إن الساعة على الطاولة تجري أسرع من الزمن الحقيقي المقاس على الأرض؟

السؤال نفسه بلا معنى. على المنوال نفسه قد نسأل ما هو حقيقي أكثر - قيمة الإسترليني أمام الدولار أم قيمة الدولار أمام الإسترليني. ما من قيمة «أصحّ»؛ إنهما عملتان لكل منهما قيمة بالنسبة إلى الأخرى. ما من زمن أصحّ. هناك زمنان يتغير كل منهما بالنسبة إلى الآخر. لا أحدَ منهما أصحّ من الآخر.

لكنهما ليسا زمنين اثنين فحسب. لدينا فيلقٌ كامل من الأزمنة: زمنٌ مختلفٌ لكل نقطة في المكان. ما مِن زمن واحد؛ بل عدد هائل لا حصر له من الأزمنة.

الزمن الذي تؤشّر إليه ساعة معيّنة تقيس ظاهرةً معيّنة يسمى، في الفيزياء، «الزمن الاعتيادي»(***).كل ساعة لديها زمنها الاعتيادي. كل ظاهرة تحدث لديها زمنها الاعتيادي. إيقاعها الخاص.

لقد أمدَّنا أينشتاين بالمعادلات التي تَصِف كيفية تطوُّر الأزمنة الاعتيادية بالنسبة إلى بعضها البعض، كما أوضح لنا كيفية حساب الفارق بين زمنين(4).

ينصهر «الزمن» ذو القيمة الواحدة سائلًا إلى شبكة عنكبوتية من الأزمنة. نحن لا نَصِفُ كيف يتطوّر العالم في الزمن: نحن نَصِفُ كيف تتطوّر الأشياء في الزمن المحلّي، وكيف تتطوّر الأزمنة المحلية بالنسبة إلى بعضها البعض. العالم لا يشبه فصيلةً من المشاة تتقدّم بإيقاع قائد واحد. إنه شبكة من الأحداث يؤثّر بعضُها ببعض.

هكذا يُصوَّر الزمن في نظرية النسبية العامة لأينشتاين. في معادلاته، لا تجد «زمنًا» واحدًا؛ بل أزمنة لا حصر لها. بين حدثَيْن، كما بين الساعتين اللتين فُصلتا ثم جُمعتا معًا من جديد، لا تكون المدة الزمنية واحدة(5). الفيزياء لا تَصِفُ كيف تتطوّر الأشياء «في الزمن» ولكن كيف تتطوّر الأشياء في أزمنتها الخاصّة، وكيف تتطوّر «الأزمنة» بالنسبة إلى بعضها البعض(****).

لقد فقدَ الزمنُ أول مَظاهره أو طبقاته: تجانُسه. إنه يمتلك إيقاعًا مختلفًا في كل مكان مختلف، ويمرّ هنا على نحو يختلف عن مروره هناك. الأشياء في عالمنا هذا تُضفِّر رقصاتٍ تُرقَص على إيقاعات مختلفة. إذا كان العالم مثبَّت في مكانه بفعل «شيفا الراقص»، فلا بدّ أن هناك عشرة آلاف «شيفا»، مثل الراقصين في لوحة ماتيس...

(*) تُستخدم كلمة Space في الإنكليزية للإشارة إلى المكان بمعناه العمومي، وإلى الفضاء بمعناه الفلكي. وما لم يَقصد المؤلف المعنى الثاني تحديدًا، فسوف نستخدم في هذه الترجمة كلمة «المكان». (المترجم)

(**) الإشارة إلى أغنية Fool on the Hill لفريق البيتلز. (المترجم)

(***) «الزمن الاعتيادي»: proper time، ويترجم أحيانًا بـ«الزمن الصِرف»، أو «الزمن المحقَّق». (المترجم)

(****) ملاحظة لغوية. كلمة «زمن» لها عدة معانٍ مرتبطة بعضها ببعض لكنها متمايزة بعضها عن البعض: 1 - «الزمن» هو الظاهرة العامة لتتابع الأحداث («خطوة الزمن الخافتة الصامتة»)؛ 2 - «الزمن» يؤشّر إلى الفاصل بين هذا

التتابع. («غدًا وغدًا وغدًا/ وكل غدٍ يزحف بهذه الخطى الضئيلة يومًا بعد يوم/ حتى المقطع الأخير من الزمن المكتوب» [ماكبث، شكسبير])؛ أو 3 - فترته الزمنية («أيها السادة، إن زمن الحياة لقصير» [خيرٌ ما انتهى بخير، شكسبير])؛ 4 - «الزمن» يمكن أن يؤشّر أيضًا إلى لحظة معينة («سيأتي زمن ويأخذ حُبّي بعيدًا» [سوناتا رقم 46، شكسبير]، وكثيراً ما تكون اللحظة الحالية («الزمن مفكّك الأوصال» [هاملت، شكسبير]؛ 5 - «الزمن» يؤشّر إلى متغيرٍّ يقيسُ الفترة الزمنية («التسارع هو مشتقّة السرعة بالنسبة إلى الزمن»). وفي هذا الكتاب، أستخدم كل هذه المعاني بحريّة، تمامًا كما في الاستخدام العادي. وفي حالة الشعور بالارتباك، الرجاء الرجوع إلى هذه الملاحظة.

٢ - ضياعُ الاتّجاهِ

لو نقرتَ أوتارَ القانونِ

برقّةٍ لم يعرفها أورفيوس ذاتُه،

الذي كان يُحرِّك حتى الأشجارَ،

لما عادَ دمُ الحياةِ

إلى الظِّلالِ الجوفاءِ...

يا لقسوةِ الأقدارِ!

لكنَّ ما يُخفِّف الحِملَ عن الكواهلِ

أنّ كلَّ ما يحاول العودةَ إلى الوراء

لا يُواجَه إلا بالاستحالة. (I, 24)

من أينَ يأتي تيّارُ الأبديّة؟

ربما تجري الساعات بسرعات مختلفة بين الجبال والسهول، لكن أهذا ما يهمّنا حقًّا، في نهاية المطاف، بخصوص الزمن؟ في النهر، يتدفّق الماء أبطأ بجوار الضفاف، وأسرع في المنتصف - لكنه يظلّ يتدفق... أَوليسَ الزمن هو الآخر شيءٌ يتدفق بلا انقطاع - من الماضي إلى المستقبل؟ لنترك جانبًا القياس الدقيق لـمقدار الزمن الذي يمرّ، والذي حاولنا مغالبته في الفصل السابق: الأرقام التي يُقاس بها الزمن. فهناك ملمحٌ أكثر جوهرية للزمن: مُروره، تدفّقه، تيارُ الأبديّة الذي ذكرَه ريلكه في أولى «مرثيات دوينو»:

تيار الأبدية

يتدفَّق جارفًا كلَّ العصورِ

عبر الملكوتَيْن [الحياة والموت]

وصوتُه الرّاعد يُجلجِل في كِليهِما

فيُغرق كلّ أصواتها(*****)(1).

الماضي والمستقبل مختلفان. السبب يسبق النتيجة. الألم يأتي بعد الجرح، لا قبله. الكوب الزجاجي يتهشم إلى ألف قطعة، والقِطع لا تعود مجدَّدًا لتُشكِّل كوبًا. نحن لا نستطيع تغيير الماضي؛ قد نشعر بحسرات، نوبات ندم، ذكريات. أما المستقبل فهو الشكّ، الرغبة، القلق، المساحة المفتوحة، القَدَر، ربما. نستطيع أن نعيش سعيًا إليه، من أجل صياغته، لأنه ليس موجودًا بعد. كل شيء لا يزال ممكنًا... الزمن ليس خطًّا له اتجاهان متساويان: إنه سهمٌ ذو نهايتين مختلفتين.



وهذا، لا سُرعة مروره، هو ما يهمّنا في الزمن أكثر من أيّ شيء آخر. هذا هو الشيء الأساسي في الزمن. سرّ الزمن يكمن في الانزلاق الذي نستشعره في نبضنا، في جوارحنا، في طلاسم ذاكرتنا، في القلق تجاه المستقبل. هذا هو ما يعنيه التفكير في الزمن. فما طبيعة هذا التدفّق بالضبط؟ ما الذي يُعشِّش في القواعد اللغوية للعالم؟ ما الذي يميّز الماضي، «قد كانَ»، عن المستقبل، «لم يُصبح بعد»، في ثنايا آليّة العالم؟ لماذا يختلف الماضي، بالنسبة إلينا، عن المستقبل؟

لقد اشتبكَ علماء الفيزياء في القرنين التاسع عشر والعشرين مع تلك الأسئلة وصادفوا شيئًا مفاجئًا ومربكًا - أكثر مفاجأةً وإرباكًا من الحقيقة الهامشية نسبيًّا القائلة إن الزمن يمرُّ بسرعات مختلفة في الأماكن المختلفة. الفارق بين الماضي

والمستقبل، بين السبب والنتيجة، بين الذاكرة والأمل، بين الحسرة والتصميم... في القوانين الأوّليّة التي تَصِفُ آليات العالم، لا وجود لفارقٍ كهذا.

الحرارَةُ

بدأ كل شيء بقتل الملك. في 16 يناير عام 1793، قضى «المؤتمر الوطني في باريس» بإعدام لويس السادس عشر. إن التمرّد كامنٌ، لا بدّ، في أعمق أغوار العلم: رفضُ قبولِ النظامِ القائمِ للأشياء(2). من بين الذين اتخذوا القرار الدامي، كان صديقٌ لروبسبيير يُدعى لازار كارنو. كان كارنو مولعًا بالشاعر الفارسي العظيم سعدي الشيرازي. والشيرازي، الذي أُسِرَ واستُرِقَّ في عكّا على أيدي الصليبيين، هو مؤلّف هاتِهِ الأبيات النورانيّة التي تُزيِّن الآن مدخل مقر الأمم المتحدة:

أبناء آدم بعضهم من بعضٍ،

من جسدٍ واحدٍ خُلقوا،

وعن أصلٍ واحدٍ نشأوا.

إذا أمضّ الدهرُ أحدَهم

تداعى له سائرُ الجسد.

فإن كنتَ لا تبالي بمِحَن الآخرين،

ما استحققتَ أن تُسمّى إنسانًا.

لعلّ الشعر جذرٌ آخر من أعمق جذور العِلم: القدرة على رؤية ما وراء المرئي. يُسمّي كارنو ابنَه البكر على اسم سعدي، وهكذا يولّد «سادي كارنو» من الشعر والتمرّد.

في شبابه، يُظهِر شغفًا بتلك المحرّكات البخارية الآخذة، في بواكير القرن التاسع عشر، في تغيير وجه العالم عن طريق استخدام النار لجعل الأشياء تدور. في

العام 1824، يؤلف كُتيِّبًا بعنوانٍ جذّاب: «تأملات حول القدرة الدافعة للنار»، يسعى فيه لفهم الأُسس النظرية لطرق عمل هذه الماكينات. تحفل الأطروحة الصغيرة بافتراضات خاطئة: يتخيّل أن الحرارة كيانٌ ملموس - سائلٌ من نوع ما يُنتج طاقةً عن طريق «السقوط» من الأشياء الساخنة إلى الأشياء الباردة، تمامًا مثلما يسقط الماء من شلال فيُنتج طاقةً في سقوطه من أعلى إلى أسفل. لكنها تطرح فكرة أساسية: إن المحرّكات البخاريّة تعمل، في المحصّلة النهائية، لأن الحرارة تنتقل من الساخن إلى البارد.



يجد كُتيِّب سادي طريقه إلى يديّ بروفيسور بروسيّ متجهّم حادّ النظرات يُدعى رودولف كلاوزيوس. وهو مَن يستوعب المسألة الأساسية المطروحة، صياغة قانون قُدِّر له بعد ذلك أن ينال شهرة واسعة: لا يمكن للحرارة أن تنتقل من جسم بارد إلى جسم ساخن، ما لم يتغيرّ أي شيء آخر حولها.

النقطة الحاسمة هنا هي الفارق بين ذلك وما يحدث مع الأجساد الساقطة: قد تسقط كرة، لكنّها قد تعلو ثانية، بفعل الارتداد، على سبيل المثال. أما الحرارة فلا يمكنها ذلك.

هــذا هــو القــانون الأســاسي الوحيــد للفيزيــاء الــذي يمــيّز بــين الماضي والمستقبل(******).

ما مِن قانون آخر يفعل ذلك. لا قوانين نيوتن التي تَحكُم ميكانيكا العالم؛ ولا معادلات الكهربيّة والمغناطيسيّة التي صاغها ماكسويل. لا قوانين أينشتاين المتعلّقة بالجاذبية النسبيّة، ولا قوانين ميكانيكا الكمّ التي استنبطها هايزنبرغ، وشرودنغر، وديراك. ولا قوانين الجُسيْمات الأوليّة التي صاغها فيزيائيو القرن العشرين... ما مِن معادلة واحدة من تلك المعادلات تمُيّز الماضي عن المستقبل(3). إذا سمحَت تلك المعادلات بتتابع معيّن من الأحداث، فهي تسمح لهذا التتابع نفسه أن يمضي عكسيًّا في الزمن(4). في معادلات العالم الأوّليّة(5)، يَظهر سهمُ الزمن فقط حيثما كانت الحرارة(*******). هكذا، فإن الرابط بين الزمن والحرارة رابطٌ جوهريٌّ: في كل مرة يتّضح فارقٌ بين الماضي والمستقبل، ثمة حرارة ضالِعة. في كل حلقة من الأحداث التي تُصبح عبثيّة إذا عُرِضت بالمعكوس، ثمة شيء يَسخَن.

إذا شاهدتُ فيلمًا يَعرِض كرةً تتدحرج، لن أستطيعَ معرفة إن كان الفيلم يُعرض في الاتجاه السليم أم بالحركة العكسية. لكن إذا توقفَت الكرة، أستطيعُ معرفة أنه يتقدم في الاتجاه السليم؛ فلو كان معكوسًا، لأظهر حدثًا غير معقول: كرةٌ تبدأ الحركة من نفسها. تباطؤ الكرة وتوقُّفها في النهاية يرجع إلى الاحتكاك، والاحتكاكُ يُنتج حرارة. فقط عندما تكون الحرارة يكون تمييزٌ بين الماضي والمستقبل. الأفكار، على سبيل المثال، تنبسِطُ من الماضي إلى المستقبل، لا العكس - وفي حقيقة الأمر، فإن التفكيرَ يُنتج حرارة داخل رؤوسنا...

يُقدّم كلاوزيوس مقدارًا يقيسُ هذه الزيادة الحراريّة، التي ليس منها رجوعٌ، في اتجاه واحد فقط، ولأنه كان ألمانيًّا مثقّفًا، يُطلق عليه اسمًا إغريقيًّا، الإنتروبيا entropy:

أُفضِّل استقاء أسماء المقادير العلمية المهمّة من اللغات القديمة، لكي تكونَ نفسَها في كلّ اللغات الحيّة. وهكذا، فإني أقترح إطلاق مصطلح الإنتروبيا على المقدار (S) الخاص بالجسم، وذلك من الكلمة اليونانية التي تعني التحوّل: ἡτροpή(6).

إنتروبيـا كلاوزيـوس، التـي يـؤشّر إليـها بـالحرف S، هـي كِمِيّة قابلـة للقيـاس والحساب(7) تزداد أو تظلّ على حالها لكنها لا تنقص أبدًا، في أي سيرورة معزولة. ولتوضيح أنها لا تنقص أبدًا، نكتب:

$$\Delta S \geq 0$$

ونقرأها: «دلتا S دائمًا أكبر مِن أو تساوي صفرًا»، ونُطلق على هذا «المبدأ الثاني للديناميكا الحرارية» (الأول كان مبدأ حفظ الطاقة). وجوهره هو حقيقة أن الحرارة لا تنتقل إلا من الأجساد الساخنة إلى الأجساد الباردة، وليس العكس أبدًا.

اعذروني على هذه المعادلة - إنها المعادلة الوحيدة في الكتاب. وهي معادلة خاصّة بسهم الزمن، ولا أستطيع أن أكبح نفسي عن إدراجها في كتابي الذي يتناول الزمن.

إنها المعادلة الوحيدة من معادلات الفيزياء الأساسية التي تَعرِف الفارق بين الماضي والمستقبل. المعادلة الوحيدة التي تتحدّث عن تدفّق الزمن. وراء هذه المعادلة الغريبة، يختفي عالمٌ كاملٌ عن الأنظار.

صفحة من مقالة كلاوزيوس حيث يُقدِّم للمرة الأولى مفهوم وكلمة «إنتروبيا». وتُقدِّم المعادلة التعريف الرياضي للتباين في الإنتروبيا (S - S0) بالنسبة إلى جسم ما: إجمالي (تكامُل) مقدار الحرارة dQ التي تغادر الجسم عند درجة حرارة T.

ولسوف يقع عبءُ كَشْف ذلك العالم على عاتق العالم النمساوي اللطيف قليل الحظ، حفيد صانع الساعات، الشخصية التراجيدية والرومانسية، لودفيغ بولتسمان.

تشوُّش

بولتسمان هو من يشرع في رؤية ما يقبع وراء المعادلة $\Delta S \geq 0$، فيدفعنا إلى واحدة من أكثر قفزاتنا إذهالًا باتجاه فهم القواعد اللغوية الحميمة لعالمنا.



عمل بولتسمان في غراتس، وهايدبرغ، وبرلين، وفيينا، ثم في غراتس مجددًا. كان يحبّ أن يُنسَب قلقُه إلى ولادته أثناء مهرجان الـ«ماردي غرا». وفي ذلك لم يكن يمزح مزاحًا خالصًا، إذ كان اضطراب شخصيته حقيقيًّا، متأرجحًا بين الانتشاء والاكتئاب. كان قصيراً وبدينًا، له شعرٌ مجعّد داكن ولحية طالبان؛ وكانت خليلته تُسمّيه «حبيبي الحلو السمين». لودفيغ هذا كان البطل سيئ الحظ لاتجاهيّة الزمن directionality.

ظنَّ سادي كارنو أن الحرارة مادة، سائل. كان مخطئًا. الحرارة اهتياجٌ مجهريٌّ للجُزيئات. الشاي الساخن هو شاي جزيئاته شديدة الاهتياج. الشاي البارد هو شاي جزيئاته مهتاجة قليلًا فحسب. في مكعّب الثلج، الجُزيئات التي تكتسب حرارة وتذوب تهتاج وتزداد اهتياجًا، فتفقد روابطها القوية.

في أواخر القرن التاسع عشر كان الكثيرون لا يزالون غير مؤمنين بوجود

الجزيئات والذرّات، أما لودفيغ فكان مقتنعًا بأنها حقيقية، وتَناطحَ دفاعًا عن معتقده. وأصبحت هجائيّاته ضد المشكّكين في وجود الذرّات أسطوريّةً. «كان جيلُنا معه تمامًا، مِن صميمِ قَلبِه»، هكذا لفتَ أحد أشاوس ميكانيكا الكمّ الشبّان، بعدها بسنوات(8). وفي واحدة من تلك المناقشات المضطرمة، أثناء مؤتمر عُقد في فيينا، عارضه فيزيائي بارز(9) مؤكدًا أن الماديّة العلميّة قد ماتت لأن قوانين المادة لا تخضع لاتجاهيّة الزمن. يبدو أن الفيزيائيين غيرَ محصَّنين ضد التفوُّه بالترّهات.

حين نظر كوبرنيكوس إلى الشمس وهي تنزل في الأفق، رأت عيناه العالمَ يدور. وحين نظر بولتسمان إلى كوبٍ من الماء الساكن، رأت عيناه الذرات والجزيئات تتحرّك على نحو مسعور.

نحن نرى الماء في الكوب مثلما رأى روّاد الفضاء الأرض من على القمر: هادئًا، متلألئًا، أزرق. من على سطح القمر، لم يسعهم رؤية أي شيء من الحياة الجيّاشة على سطح الأرض، نباتاتها وحيواناتها، الرغبات والإحباطات. لا شيءَ إلا كرة زرقاء معرَّقة. داخل الانعكاسات في كوب الماء، ثمة حياة مصطخبة بالـمِثل، مؤلَّفة من الحركة النشطة لعددٍ هائلٍ من الجزيئات - أكبر من عدد الكائنات الحيّة على سطح الأرض.

هذا الاصطخاب هو ما يهيّج كلَّ شيء. إذا كان قسمٌ من الجزيئات ساكنًا، فالحركة المسعورة للجزيئات المجاورة له تهيّجه وتجعله يتحرّك بدوره: ينتشر الاهتياج، وتتصادم الجزيئات وتتدافع. بهذه الطريقة، تَسْخَن الأشياء الباردة حين تتّصل بالأشياء الساخنة: تتحاكُّ جزيئاتها بالجزيئات الساخنة وتُدفع إلى الفوران. بمعنى: تَسخَن.

يُشبه التهيُّج الحراري خلطًا مستمرًا لرُزمة من أوراق اللعب: إذا كانت الأوراق منتظمة، فالخلطُ يُخلّ بنظامها. بهذه الطريقة، تمرّ الحرارة من الساخن إلى البارد، وليس العكس: عن طريق الخلط، عن طريق إخلال النظام الطبيعي لكل شيء. تَزايُد الإنتروبيا ليس إلا الزيادة الطبيعية المتفشّية والمألوفة لإخلال

النظام.

هذا ما فهمه بولتسمان. الفارق بين الماضي والمستقبل لا يكمن في قوانين الحركة الأولية؛ لا يَسكُن القواعد اللغوية العميقة للطبيعة. إنه إخلالٌ طبيعي للنظام يقود، تدريجيًا، إلى مواقفَ أقلّ تعيينًا، أقلّ خصوصية.

كان حَدْسًا عبقريًّا، وكان صحيحًا. لكن هل يوضّح الفارق بين الماضي والمستقبل؟ لا. إنه فقط يُعدِّل السؤال. السؤال الآن يصبح: ما الذي يجعل الأشياء أكثر انتظامًا في أحد اتجاهَيّ الزمن - ذلك الاتجاه الذي ندعوه ماضيًا؟ لماذا كانت رزمة أوراق اللعب الهائلة الخاصّة بالكون منتظمةً في الماضي؟ لماذا، في الماضي، كانت الإنتروبيا منخفضة؟

إذا لاحظنا ظاهرةً تبدأ في حالة إنتروبيا أدنى، يتّضح لنا لماذا تزداد الإنتروبيا - لأنه أثناء عملية إعادة خلط الأوراق يُصيب اختلالُ النظام كل شيء. لكن لماذا تبدأ الظواهر التي نلاحظها حولنا في الكون في حالة إنتروبيا أدنى في المقام الأول؟

هنا نصل إلى مربَط الفرس. إذا كانت الأوراق الستّ والعشرون الأولى من رُزمة الأوراق حمراءَ كلّها، والأوراق الستّ والعشرون التالية سوداء كلّها، نقول إن الأوراق تحظى بترتيب «معيّن» particular؛ بمعنى «منتظم» ordered. هذا النظام يَضيع عندما تُخلط الأوراق. الترتيب الأولي هو ترتيب «إنتروبيا منخفضة». لكن لاحظ أنه «مُعيَّن» إذا نظرنا إلى ألوان الأوراق - حمراء أم سوداء. إنه «مُعيَّن» لأنني أنظر إلى اللون. ترتيبٌ آخر قد يكون «مُعيَّنًا» إذا كانت الأوراق الستّ والعشرون الأولى من القلب والبستوني فقط. أو إذا كانت كلّها أعدادًا فردية، أو الأوراق الستّ والعشرون الأكثر تجعّدًا في رزمة الأوراق، أو الأوراق الستّ والعشرون المطابقة تمامًا لترتيب الأوراق قبل ثلاثة أيام... أو إذا كانت تتشارك في أيّ سمة مميزة أخرى. إذا فكّرنا في الأمر بعناية، كلُّ ترتيبٍ هو ترتيبٌ معيَّن، كلُّ ترتيبٍ متفرّدٌ لا نظير له، إذا نظرنا إلى كلّ تفاصيله، حيث إنّ كلّ ترتيبٍ - على الدوام - فيه شيءٌ يميّزه بطريقة متفرّدة. تمامًا مثلما كلّ طفلٍ

«مُعيَّن» ومتفرّد في نظر أمه.

يترتّب على ذلك أن فكرة وجود ترتيبات ما أكثر «تعيينًا» من غيرها (ستّ وعشرون ورقة حمراء تليها ست وعشرون سوداء، على سبيل المثال)، لا تصير منطقية إلا إذا قيَّدَت نفسها بملاحظة صفاتٍ محدّدة، من دون غيرها، في مجموعة الأوراق (في هذه الحالة، الألوان). إذا لاحظتُ لاحظتَ الفروق بين كل الأوراق، لوجدتَ كل التراتيب متساوية: ليس منها ما هو أكثر أو أقل «تعيينًا» من ترتيب آخر(10). فكرة «التعيين» لا تُولَد إلا لحظة أن نبدأ في رؤية العالم بطريقة مشوَّشة وتقريبيّة.

لقد أوضح بولتسمان أن الإنتروبيا توجد لأننا نَصِف العالم بطريقة مشوَّشة. وأوضح أن الإنتروبيا هي، على وجه الدقّة، المقدار الذي يَحسب كَمْ عدد التراتيب المختلفة التي تَعجز رؤيتُنا المشوَّشة عن التمييز بينها. الحرارة، والإنتروبيا، وانخفاض الإنتروبيا في الماضي، كلّها أفكار تنتمي إلى وصفٍ إحصائيٍّ، تقريبيٍّ، للطبيعة.

الفارق بين الماضي والمستقبل يرتبط ارتباطًا وثيقًا بهذا التشوُّش... إذًا، لو كان بوسعي أن أضع في اعتباري كل تفاصيل الحالة المجهرية(********) الدقيقة للعالم، هل ستختفي السمات المميزة لتدفّق الزمن؟

أجل. إذا لاحظتَ الحالة المجهرية للأشياء، يتلاشى الفارق بين الماضي والمستقبل. مستقبل العالم، على سبيل المثال، يتحدّد بحالته الحاضرة - تمامًا مثلما يتحدّد الماضي، لا أكثر ولا أقل(11). كثيراً ما نقول إن الأسباب تَسبق النتائج، ومع ذلك، في القواعد اللغوية الأولية للأشياء، لا يوجد تمييز بين «السبب» و«النتيجة»(********). هناك نظاميّات regularities، تمُثّلها ما نُسمّيها القوانين المادية، التي تربط بين أحداث من أزمنة مختلفة، لكنّها متناظرة بين الماضي والمستقبل. في الوصف المجهري، لا نجد أيّ اختلاف من أيّ نوع بين الماضي والمستقبل(********).

هذه هي الخلاصة المربكة التي تَخرج من عمل بولتسمان: الفارق بين الماضي

والمستقبل يرجع فقط إلى نظرتنا نحن المشوَّشة للعالم. وهي خلاصة تتركنا مبهوتين: هل يمكن حقًّا لإدراكٍ واضحٍ جدًّا، أساسيٍّ جدًّا، وجوديٍّ جدًّا - إدراكي لمرور الزمن - أن يكون متوقِّفًا على عجزي عن استيعاب العالم بكل دقائقه؟ على تشوُّهٍ ما ناجمٍ عن قِصَر النظر؟ هل صحيح أنني لو استطعت رؤية الرقصة الحقيقية لملايين الجزيئات، ووضعها في اعتباري، يصير المستقبل «تمامًا مثل» الماضي؟ هل يمكن أن تكون معرفتي بالماضي - أو جهلي به - مماثلةً لمعرفتي أو جهلي بالمستقبل؟ وحتى مع قبول حقيقة أن تصوراتنا عن العالم كثيراً ما تكون خاطئة، هل يمكن أن يكون العالم مختلفًا إلى هذه الدرجة عن تصوّري له؟

كل هذا يُزعزع الأساس الذي تقوم عليه طريقتنا المعتادة في فهم الزمن. إنه يثير الريبة، تمامًا مثلما أثارها اكتشاف حركة الأرض. لكن على غرار حركة الأرض، لدينا دليلٌ كاسح: كل الظواهر التي تَسِم تدفّق الزمن تُقلَّص إلى حالة «مُعيَّنة» في ماضي العالم، يمكن عَزْو «تعيينها» إلى تشوّش منظورنا.

لاحقًا، سأتوغل أكثر في لغز هذا التشوّش، لنرى صلته باللاحتماليّة البدائيّة الغريبة للكون. في الوقت الراهن، سأنهي حديثي بالحقيقة المبلبِلة للعقول: إن الإنتروبيا، تمامًا كما فهمها بولتسمان، ليست إلا عدد الحالات المجهريّة التي تعجَز نظرتُنا المشوّشة للعالم عن تمييزها.

المعادلة التي تنص بدقة على ذلك(12) منقوشة على قبر بولتسمان في فيينا، فوق تمثال نصفي من الرخام يصوِّره كشخص عابس مكفهرّ الوجه، على نحو لا أصدق أنه كانه في حياته. كثيرٌ من طلاب الفيزياء الشبان يذهبون لزيارة قبره، ويطيلون المقام هناك للتفكير والتأمل. وأحيانًا يذهب بروفيسور الفيزياء المسنّ غريب الأطوار أيضًا.

لقد فقد الزمن مُكوِّنًا آخر من مكوِّناته الأساسية: الفارق المتأصّل بين الماضي والمستقبل. فَهِم بولتسمان أنّ لا شيء متأصّلٌ في تدفق الزمن. إنه ليس إلا انعكاسًا مشوشًا للاحتماليّة غامضة للكون عند نقطة في الماضي.

مصدر «تيار الأبدية» الذي تحدَّثَ عنه ريلكه ليس إلا هذا.

بعدما عُيِّن بروفيسورًا في الجامعة وهو لا يزال في الخامسة والعشرين من عمره؛ وبعد أن استقبله الإمبراطور في بلاطه في ذروة نجاحه؛ وبعد أن واجه انتقادات حادة من غالبية العالم الأكاديمي، الذي لم يفهم أفكاره؛ وبعد أن ظل في توازن متأرجِح بين الحماسة والإحباط: سوف يُنهي «حبيبي الحلو السمين»، لودفيغ بولتسمان، حياته بأن يشنق نفسه.

يفعلها في دوينو، بالقرب من ترييستي، بينما زوجته وابنته تسبحان في البحر الأدرياتيكي.

دوينو نفسها التي سوف يكتب فيها ريلكه، بعد بضع سنوات فحسب، مرثياته الشهيرة.

(*****) سمحتُ لنفسي بقليل من التصرّف في ترجمة المقطع الشعري، لتوضيح المعنى. (المترجم)

(******) هذه النقطة شديدة الأهمية وينبغي الانتباه لها. هذا القانون هو الوحيد الذي يميّز بين الماضي والمستقبل لأنه القانون الوحيد «غير المتناظر»، الذي يسير «في اتجاه واحد»، ولا يسمح بـ«العودة إلى الوراء». لذلك، فهو القانون الوحيد الذي يجعل الماضي «يمضي» بلا رجعة بحقّ. (المترجم)

(*******) بدقيق العبارة، يمكن لسهم الزمن أن يتجلّى أيضًا في ظاهرة لا ترتبط مباشرة بالحرارة لكنها تشاركها في أوجه حاسمة، على سبيل المثال في استخدام الجهود المعوَّقة [المتباطئة] retarded potentials في الديناميكا الكهربية. والعبارات اللاحقة - وبخاصة الاستنتاجات، تنطبق أيضًا على تلك الظواهر. وأفضّل هنا ألا أثقل النقاش بتفكيكه إلى كل حالاته الفرعية المختلفة.

(********) يفرِّق علم الفيزياء بين الأجسام والحالات الكبيرة (ماكروسكوبية macroscopic) والأجسام والحالات فائقة الصغر (ميكروسكوبية microscopic). وهذا التمييز بالغ الأهمية، إذ تتباين بعض القوانين حين تُطبّق على كل منهما. وقد اخترنا، في هذا النص، ترجمة الأولى بـ«الجَهريّة» والثانية

بـ«المجهريّة». (المترجم)

(********) سوف نقدّم بعض التفاصيل الإضافية حول هذه النقطة في الفصل 11.

(********) ليست الفكرة هي أن ما يحدث للملعقة الباردة في كوب من الشاي الساخن يتوقّف على ما إذا كانت نظرتي لها مشوّشة أم لا. ما يحدث للملعقة ولجزيئاتها أيضًا، بداهة، لا يتوقّف على طريقة رؤيتي لها. إنه يحدث بغضّ النظر عن ذلك. الفكرة هي أن الوصف بمصطلحات الحرارة، ودرجة الحرارة، ومرور الحرارة من الشاي إلى الملعقة، هو نظرة مشوّشة لما يحدث، وأن الفارق المدهش بين الماضي والمستقبل لا يظهر إلا في هذه النظرة المشوّشة.

٣ - نهايةُ الحاضِرِ

ذلك الزمهريرُ

المحتجَزُ في خَزَنة الشتاءِ الهامدِ

ينفتحُ

على نسيمِ الرّبيع العليلِ

فترَجع المراكبُ إلى البحرِ

ويصير علينا أن نُضفِّر الأكاليلَ

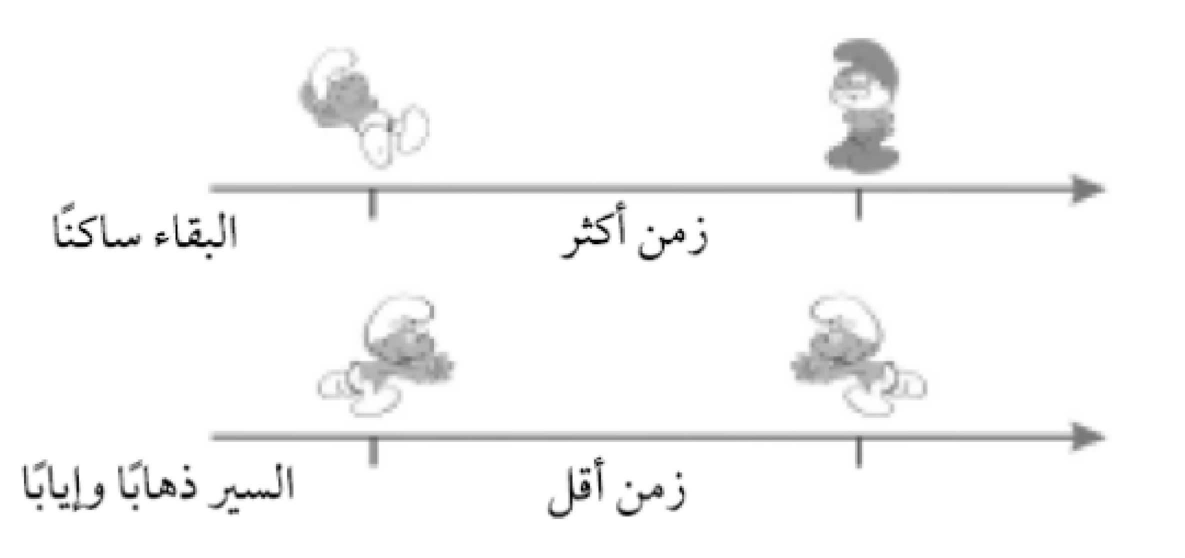
لنُزيِّن بها رؤوسَنا. (I, 4)

السُّرعة أيضًا تُبطئ الزمن

قبل عشرة أعوامِ من تبيُّن أن الزمن يتباطأ بفعل الكتلة(1)، كان أينشتاين قد أدرك أنه يتباطأ بفعل السرعة(2). وكانت تبِعات هذا الاكتشاف على إدراكنا الحدسيّ الأساسيّ للزمن هي الأكثر هولًا على الإطلاق.

الحقيقة نفسها بسيطة للغاية. بدلًا من إرسال صديقينا في الفصل الأول إلى الجبال والسهول، على الترتيب، لنطلب من أحدهما أن يبقى ساكنًا ومن الآخر أن يتسكّع. الزمن يمر أبطأ على الشخص الذي يواصل الحركة.

كما في السابق، يعيش الصديقان فترتيْن زمنيّتيْن مختلفتيْن: الشخص الذي يتحرّك يشيخ بسرعة أقل، ساعته تؤشّر على مرور زمن أقل؛ لديه زمنٌ أقل يفكّر فيه؛ النبتةُ التي يحملها تستغرقُ زمنًا أطول لتُنبت براعمها، وهكذا. بالنسبة إلى كل ما يتحرك، يمر الزمن أبطأ.



لكي تصبح هذه النتيجة قابلة للإدراك، يجب على المرء أن يتحرّك بسرعة شديدة. وقد جرى قياس الفارق للمرة الأولى في السبعينيات، باستخدام ساعات دقيقة على متن طائرات(3). تَعرِض الساعة على متن الطائرة زمنًا متأخِّرًا مقارنة بالزمن الذي تَعرِضه الساعة على الأرض. واليوم، بات بالإمكان ملاحظة تباطؤ الزمن في الكثير من التجارب الفيزيائية.

في هذه القضية، أيضًا، سبق وأن فَهِمَ أينشتاين أن الزمن يتباطأ قبل أن يتمكّن العلماء من قياس الظاهرة فعليًّا - عندما كان في الخامسة والعشرين من عمره فحسب، يَدرس الكهرومغناطيسيّة.

وقد تبيّن أن هذا الاستنتاج ليس معقّدًا على وجه الخصوص. فمعادلات ماكسويل تَصِف الكهرباء والمغناطيسيّة بصورة دقيقة. وتلك المعادلات تحتوي على متغيّر الزمن t لكنها تتمتّع بملمح غريب: إذا سافرتَ بسرعةٍ متّجهةٍ velocity معيَّنةٍ، لا تعود معادلات ماكسويل صحيحة بالنسبة إليك (بمعنى: لا تَصِف ما تقيسه أنت) إلا إذا سمّيتَ الزمن باسم متغيّر مختلف: (4) 't. كان الرياضيون قد أصبحوا على دراية بهذا الملمح الغريب من معادلات ماكسويل(5)، لكنّ أحدًا منهم لم يستطع فهم معناه. بيدَ أنّ أينشتاين استوعب أهميته: t هو الزمن الذي يمرّ إذا بقيتُ ساكنًا بلا حراك، الإيقاع الذي تحدث وفقًا له الأشياءُ الثابتة في مواضعها، مثلي أنا؛ أما 't فهو «زمنُك أنتَ»، الإيقاع الذي تحدث وفقًا له الأشياءُ التي تتحرّك معك. t هو الزمن الذي تقيسه ساعتي عندما تكون ثابتة في

موضعها. أما t′ فهو الزمن الذي تقيسه ساعتك وهي تتحرّك. لم يكن قد سبق لأحد من قبل تخيُّل أن الزمن يمكن أن يكون مختلفًا بين ساعة ثابتة وأخرى متحرّكة. لكن أينشتاين قرأ هذا الأمر داخل معادلات الكهرومغناطيسيّة، عن طريق التدبّر فيها بجديّة(6).

هكذا فإن الغَرَض المتحرّك يعيش فترة زمنية أقصر من الغَرَض الثابت في موضعه: الساعة تؤشّر على عدد أقل من الثواني، النبتة تنمو على نحو أبطأ، الشابّ يحلم أقلّ. بالنسبة إلى الغرض المتحرّك(********)، ينكمش الزمن. ولا يقتصر الأمر على عدم وجود زمن واحد للأماكن المختلفة - بل ليس هناك حتى زمن واحد لأي مكان بعينه. فالفترة الزمنية لا يمكن أن تقترن إلا بحركةِ شيء ما، وفي مسارٍ معيّن.

«الزمن الاعتيادي» لا يعتمد فقط على مكانك ودرجة قربك من الكتل؛ بل يعتمد أيضًا على السرعة التي تتحرّك بها.

إنها حقيقة غريبة في ذاتها بما يكفي، لكنّ تبعاتها استثنائية في غرابتها. تماسكوا جيدًا، فنحن على وشك الإقلاع.

«الآن» لا يعني شيئًا

ما الذي يحدث «الآن» في الأماكن البعيدة؟ تخيّل، على سبيل المثال، أن أختَك سافرت إلى كوكب «بروكسيما بي»، ذلك الكوكب الذي اكتُشف مؤخرًا والذي يدور حول نجم يبعد عنا مسافة أربع سنين ضوئية تقريبًا. فما الذي تفعله أختك الآن على «بروكسيما بي»؟

الإجابة الصحيحة الوحيدة هي أن السؤال بلا معنى. إنه يشبه أن نسأل: «ما هو الـهنا، في بكين؟» بينما نحن في فينيسيا. بلا معنى لأنني إذا استخدمتُ كلمة «هنا» في فينيسيا، فإنني أحيل إلى مكان في فينيسيا، لا في بكين.

إذا كانت أختُك في الغرفة وتساءلتَ ما الذي تفعلَه الآن، عادة ما تكون الإجابة

سهلة: تنظرُ هنا وهناك فتعرف. إذا كانت بعيدة عنك، فأنت تهاتفها وتسألها عمّاً تفعله. لكن انتبه: إذا نظرتَ إلى أختك، فأنت تستقبل ضوءًا ينتقل منها إلى عينيك. والضوء يستغرق زمنًا لكي يصل إليك، لنقل بضع «نانو ثواني»(********) - وهكذا، فأنت لا ترى فعليًّا ما تفعله الآن لكن ما كانت تفعله قبل بضع «نانو ثواني». إذا كانت في نيويورك وأنت تهاتفها من ليفربول، سيستغرق صوتها بضع «ملّي ثواني» لكي يصل إليك، إذًا فكل ما يسعك أن تزعم معرفته هو ما كانت أختك تفعله قبل بضع «ملّي ثواني». ليس فارقًا مهمًّا، ربما.

مع ذلك، فإذا كانت أختك على سطح «بروكسيما بي»، فإن الضوء يستغرق أربع سنوات لكي يصل إليك من هناك. وعليه، إذا نظرتَ إليها عبر تليسكوب، أو استقبلتَ اتصالاً منها بالراديو، فأنت تعرف ما كانت تفعله قبل أربع سنوات، لا ما تفعله الآن. «الآن» على سطح «بروكسيما بي» ليس، بكل تأكيد، ما تراه عبر التليسكوب، أو ما تستطيع سماعه من صوتها على الراديو.

لذا، لعلّك تقول إن ما تفعله أختك الآن هو ما سوف تفعله بعد أربع سنوات من اللحظة التي رأيتَها فيها عبر التليسكوب؟ لكن لا، هذا لا يصلح: فبعد أربع سنوات من رؤيتك لها عبر التليسكوب، في زمنها، ربما تكون قد عادت بالفعل إلى الأرض وربما تكون (أجل! هذا ممكن حقيقةً) على بُعد عشر سنوات أرضيّة في المستقبل. لكن «الآن» لا يمكن أن يكون في المستقبل...

ربما يمكننا أن نفعل ذلك: إذا كانت أختك قد غادرت، قبل عشر سنوات، باتجاه «بروكسيما بي»، وأخذَت معها روزنامة لتتبّع مرور الزمن، أيمكن أن نظن أن الآن بالنسبة إليها هو اللحظة التي سجّلَت فيها أن عشرَ سنوات قد مرَّت؟ لا، هذا لا يصلح أيضًا: فربما تكون قد عادت إلى هنا بعد سفرها بعشرٍ من سنواتها هي، ورجعَت إلى حيث، في غضون ذلك، تكون قد انقضت عشرون سنة. إذًا، فأين بحق الجحيم يقع «الآن» على «بروكسيما بي»؟

حقيقة الأمر هي أنه ينبغي علينا التوقّف عن طرح هذا السؤال(7).

ما من لحظةٍ خاصّةٍ في «بروكسيما بي» تقابل ما يُكوِّن الحاضر هنا والآن.

عزيزي القارئ، تمهَّل للحظة لتسمح لنفسك باستيعاب هذه الخلاصة. فهي، في رأيي، الخلاصة الأكثر إذهالاً من بين ما توصّلت له الفيزياء المعاصرة كافة.

ببساطة، ما من معنًى للسؤال عن اللحظة في حياة أختك على «بروكسيما بي» التي تُقابِل الآن. الأمر يشبه السؤال: ما هو فريق كرة القدم الذي فاز ببطولة كرة السلة، كم من المال جَنى طائر السنونو، أو كم تزِن نغمةٌ موسيقية ما. إنها أسئلة عبثية لأنّ فِرقَ كرة القدم تلعب كرة قدم، لا كرة سلة؛ وطيور السنونو لا تَشغِل بالها بجني المال؛ والأصوات لا تُوزن. «أبطال كرة السلة» يُحيلون إلى فريق من لاعبي كرة السلة، لا من لاعبي كرة القدم. والأرباح النقديّة تُحيل إلى المجتمع البشري، لا إلى طيور السنونو. وفكرة «الحاضر» تُحيل إلى الأشياء القريبة منّا، لا إلى أي شيء بعيد عنّا.

«حاضرنا» لا يمتد عبر الكون. إنه أشبه بفقاعة حولنا.

فإلى أيّ مدًى تمتد تلك الفقاعة؟ الأمر يتوقّف على الدقة التي نحدّد بها الزمن. إذا كانت بالنانو ثانية، فإن الحاضر يتحدّد فقط على بعد بضعة أمتار؛ وإذا كانت بالملّي ثانية، فهو يتحدّد على بعد آلاف الكيلومترات. نحن، كبشر، نُميِّز أعشار الثواني فقط وبصعوبة بالغة؛ نستطيع بسهولة أن نعتبر كوكبنا بأكمله أشبه بفقاعة واحدة يمكننا بداخلها الحديث عن الحاضر وكأنه لحظة تتشارك فيها جميعًا. هذا أقصى ما نستطيع الوصول إليه.

لدينا ماضينا: كل الأحداث التي وقعت قبل ما نستطيع رؤيته الآن. ولدينا مستقبلنا: كل الأحداث التي ستقع بعد اللحظة التي نستطيع منها رؤية هنا والآن. بين هذا الماضي وهذا المستقبل ثمة فترة فاصلة لا هي بالماضي ولا هي بالمستقبل ومع ذلك تظل فترة زمنية: خمس عشرة دقيقة على المريخ؛ ثماني سنوات على «بروكسيما بي»؛ ملايين السنين في مجرة أندروميدا. إنه الحاضر الممتد(8). ولعلّه أعظم وأغرب اكتشافات أينشتاين.

فكرة وجود آنٍ now محدّدٍ جيدًا عبر الكون مجرّد وهمٍ، استقراءٍ غير مسوَّغٍ لخبرتنا الذاتية(9).

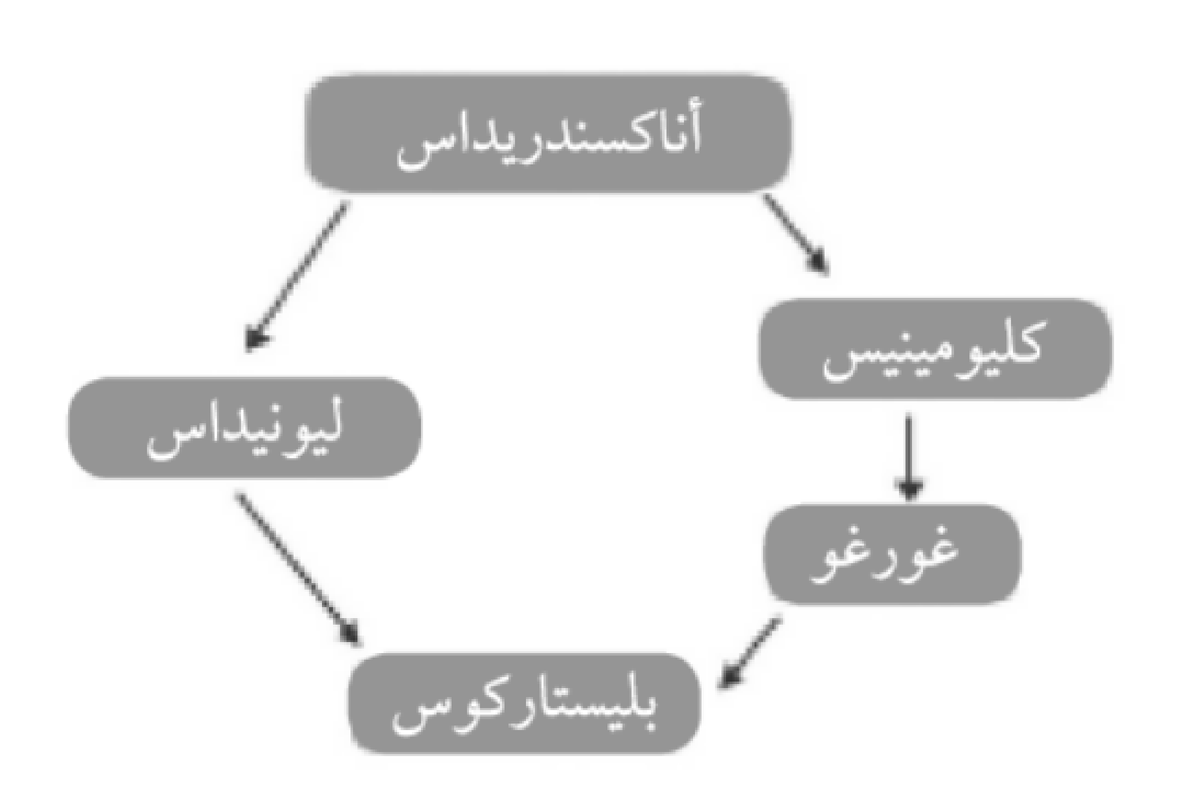
إنها أشبه بالنقطة التي يَلمس عندها قوسُ قُزح الغابةَ. نَظنُّ أن بوسعنا رؤيتها - لكنْ، إن ذهبنا للبحث عنها، لا نجدها.

إذا سألتُ: «هل هذان الحجران لهما الارتفاع نفسه؟» في الفضاء بين الكوكبيّ، فإن الإجابة الصحيحة ستكون: «إنه سؤال بلا معنًى، لأنه ما مِن تعريفٍ واحدٍ لـ‹الارتفاع نفسه› عبر الكون». وإذا سألتُ عمّا إذا كان حدثان اثنان - واحدٌ على الأرض والآخر على «بروكسيما بي» - يقعان «في اللحظة نفسها»، ستكون الإجابة الصحيحة: «إنه سؤال بلا معنًى، لأنه ما مِن شيء محدَّد اسمه ‹اللحظة نفسها› في الكون».

«حاضر الكون» مفهوم بلا معنًى.

البِنية الزّمنيّة من دونِ الحاضِرِ

غورغو هي المرأة التي أنقذت اليونان عندما أدركَت أن الطاولة المغطّاة بالشمع، المرسَلة إليهم من بلاد فارس، تحمل رسالة سرّيّة مخفيّة تحت الشمع: رسالة تُحذِّر اليونانيين من هجوم فارسي. كان لغورغو ابنٌ اسمه بليستاركوس، أنجبَته من ملك أسبرطه، بطل ترموبيل: ليونيداس. ليونيداس كان عمّ غورغو، شقيقُ أبيها، كليومينيس. فمن ينتمي إلى «الجيل نفسه» الذي تنتمي إليه ليونيداس؟ غورغو، التي هي أم ابنه - أم كليومينيس، الذي هو ابن أبيه؟ هاكُم رسمٌ بيانيٌّ لمن يواجهون، مثلي، صعوبات مع عِلم الأنساب:



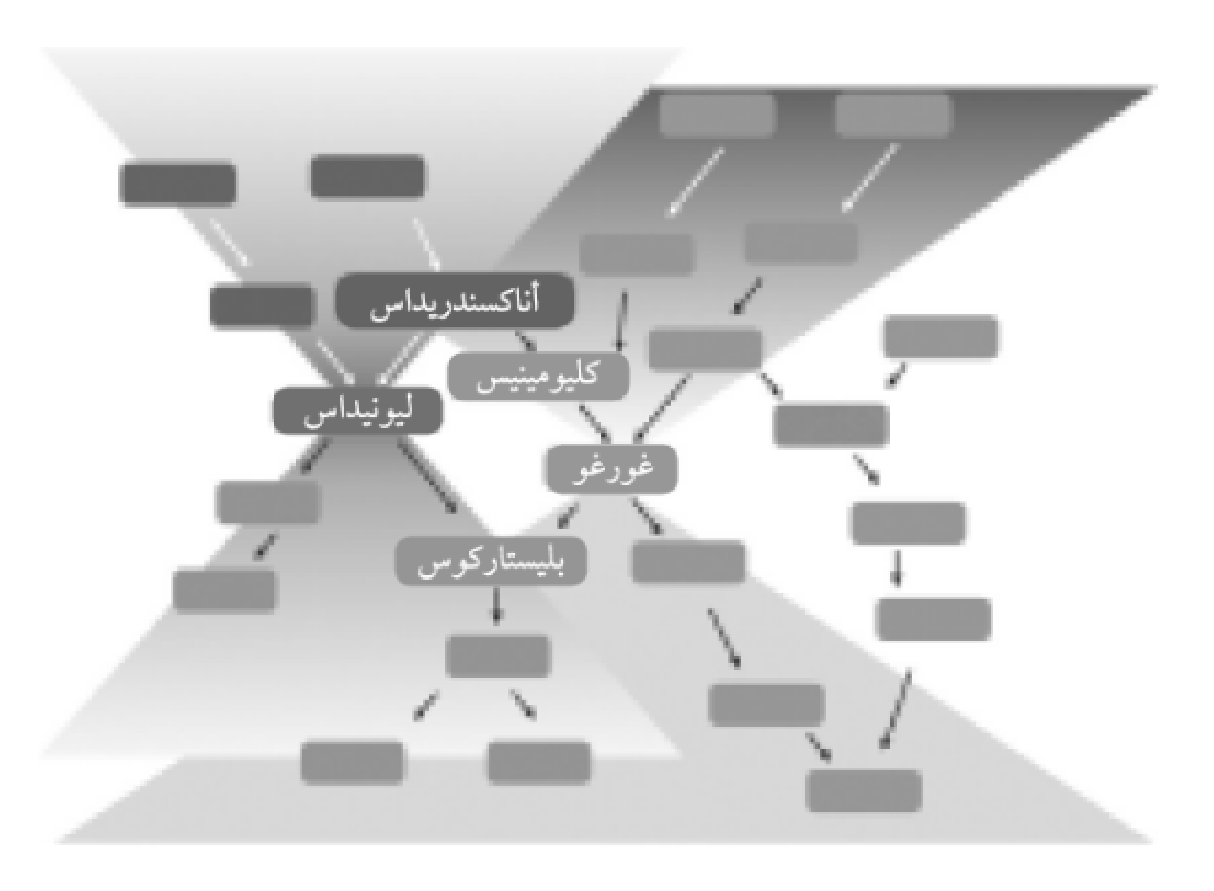
ثمة تناظر بين الأجيال والبِنية الزمنية للعالم كما أظهرَت النسبية. لا معنى للسؤال عمّا إذا كان كليومينيس أو غورغو ينتميان إلى «الجيل نفسه» الذي ينتمي إليه ليونيداس، لأنه ما مِن مفهوم واحد(10) عن «الجيل نفسه». إذا قلنا إن ليونيداس وشقيقه «من الجيل نفسه» لأن لهما الأبَ نفسه، وإن ليونيداس وزوجته «من الجيل نفسه» لأنهما أنجبا ابنًا معًا، تَحتَّم علينا أن نقول إن هذا «الجيل نفسه» يضم غورغو وأباها! علاقة البنوّة تُرسي نظاما تراتبيًّا بين بعض بني الإنسان (ليونيداس، وغورغو، وكليومينيس يأتون بعد أناكسندريداس وقبل بليستاركوس)، لكن ليس بين أيّ أشخاص من بني البشر: ليونيداس وغورغو لا هُما قبلُ ولا هُما بعدُ أحدهما الآخر.

يمتلك الرياضيّون مصطلحًا للتراتب الذي تُرسِّخه علاقة البنوَّة: «تسلسل جُزئي» partial order. التسلسل الجزئي يُرسي علاقةً من القَبْليّة والبَعْديّة بين عناصر بعينها، لكن ليس بين أي اثنين من هذه العناصر. البشر يُشكِّلون مجموعة «متسلسلة جزئيًّا» (لا مجموعة «متسلسلة كليًّا») عبر علاقة البنوّة. البنوّة تُرسي نظامًا تراتبيًّا هو: (قَبل الأخلاف، بَعد الأسلاف)، لكنها لا تُرسي نظامًا بين كل شخص وآخر. ولكي نرى كيف يعمل هذا النظام ليس علينا إلا التفكير في شجرة عائلة، مثل تلك التي تنتمي إليها غورغو:



ثمة «ماضٍ» مخروطيّ الشكل مكوّنٌ من أسلافها، ومخروطٌ «مستقبليّ» مكوّنٌ من أخلافها. أما من هم ليسوا أسلافًا ولا أخلافًا فيظلّون خارج المخروطين.

لكلّ إنسان ماضيه المخروطي الخاص من الأسلاف ومستقبله المخروطي من الأخلاف. بالنسبة إلى ماضي ليونيداس ومستقبله، فهما موضحان بالأسفل، إلى جوار ماضي غورغو ومستقبلها.



البِنيَة الزمنية للكون تشبه هذه البِنيَة إلى حدٍّ كبير. فهي أيضًا مؤلّفة من أشكال مخروطيّة. علاقة «الأسبقية الزمنية» هي تسلسل جزئي مؤلَّفٌ من أشكال مخروطية(11). والنسبية الخاصة هي اكتشاف أن البِنية الزمنية للكون تشبه تلك البِنية التي تُرسيها علاقة البنوّة: إنها تحدّد نظامًا تراتبيًّا بين أحداث الكون يتّسم بالجزئيّة، لا بالكلّيّة. الحاضر الممتد هو مجموعة من الأحداث التي لا هي بالماضي ولا هي بالمستقبل: إنها موجودة، تمامًا كما يوجد بشرٌ لا هم أخلافُنا ولا هم أسلافُنا.

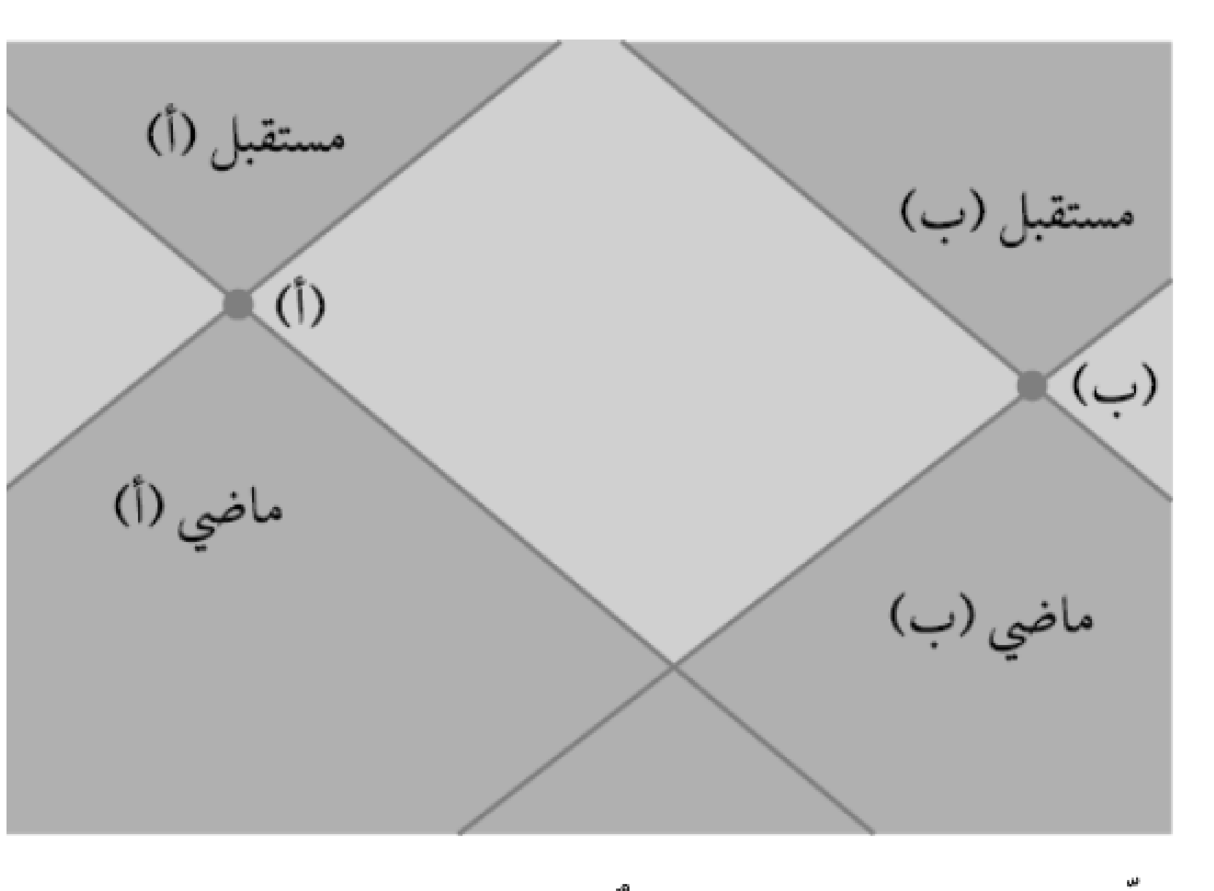
إذا أردنا تمثيل كلِّ الأحداث في الكون وعلاقاتها الزمنية، لا يعود بوسعنا فعل ذلك بتمييزٍ واحد شامل وكونيّ بين الماضي والحاضر والمستقبل، مثل هذا:

المستقبل

الحاضر

الماضي

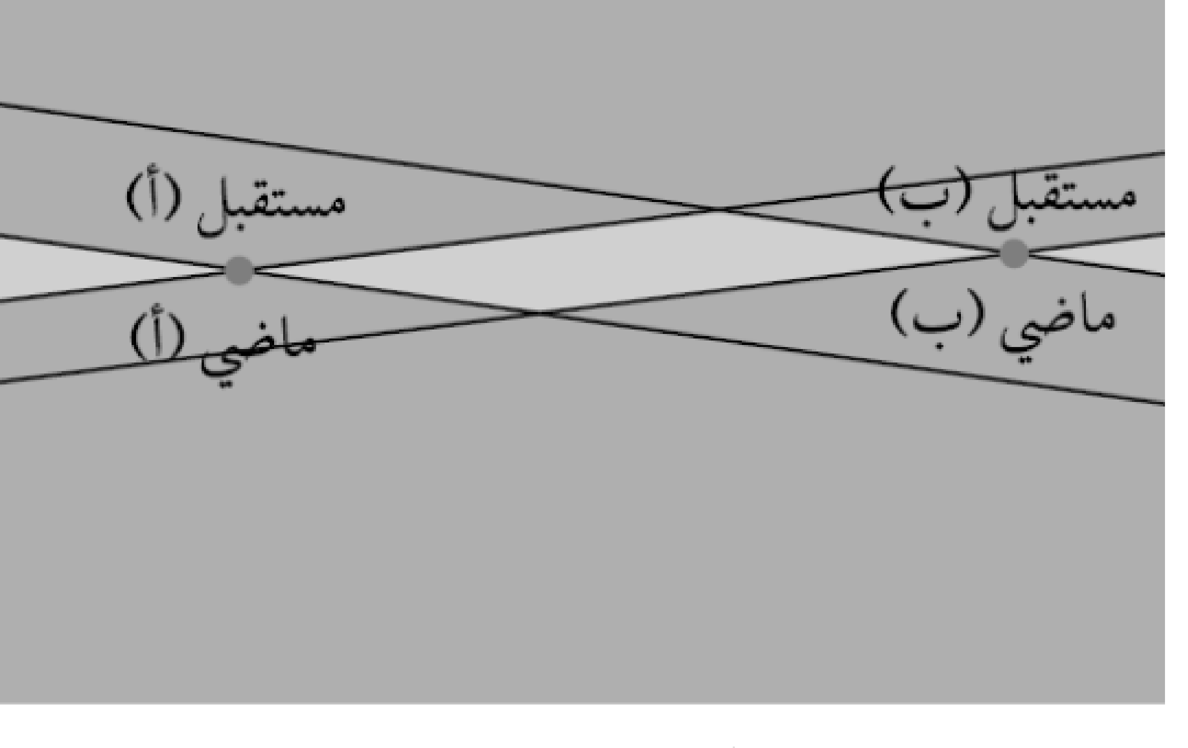
بل علينا أن نفعل ذلك بأن نضع فوقَ وتحتَ كلِّ حدثٍ الأشكالَ المخروطية التي تمُثّل أحداثه المستقبلية والماضية (اعتاد الفيزيائيون في مثل هذه الرسوم البيانية، لا أعرف لماذا، على وضع المستقبل فوق والماضي تحت - بعكس المعتاد في أشجار النسب العائلية):



لكلّ حدثٍ ماضيه، ومستقبله، وجزءٌ من الكون الذي لا هو بالماضي ولا

بالمستقبل، تمامًا مثلما لكل شخص أسلاف، وأخلاف، وآخرون لا هم بالأسلاف ولا بالأخلاف.

الضوء يسافر على طول الخطوط المائلة التي تُعيِّن حدود هذه الأشكال المخروطية. لهذا السبب نسميها «مخروطات ضوئيّة». وقد جرت العادة، كما في الرسم البياني السابق، على رسم تلك الخطوط بزاوية خمس وأربعين درجة، لكنها ستكون واقعية أكثر إذا جعلناها أكثر أفقيّةً:



وسبب ذلك أن الحاضر الممتدّ الذي يفصل ماضينا عن مستقبلنا، على المقياس الذي نعهده، بالغ القصر (مجرد «نانو ثواني») وغير قابل للإدراك تقريبًا، ومن ثمّ فهو «مُبطَّطٌ» إلى شريطٍ أفقيّ رقيق نُطلق عليه عادة اسم «الحاضر»، من دون جدارة أو استحقاق.

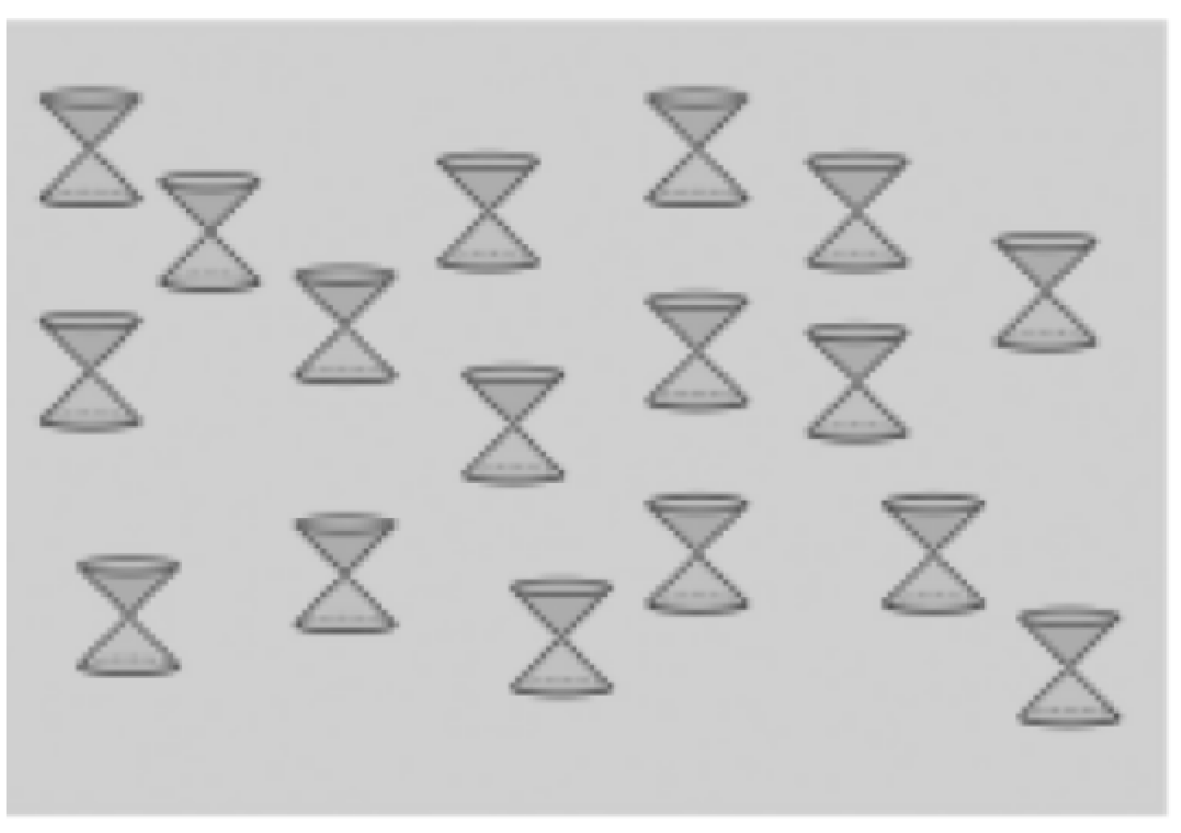
باختصار، لا وجودَ لحاضر مشترك: البِنيَة الزمنيّة للزمكان ليست تراصفًا للأزمنة على هذا النحو:

زمن n

⋮

زمن 3
زمن 2
زمن 1

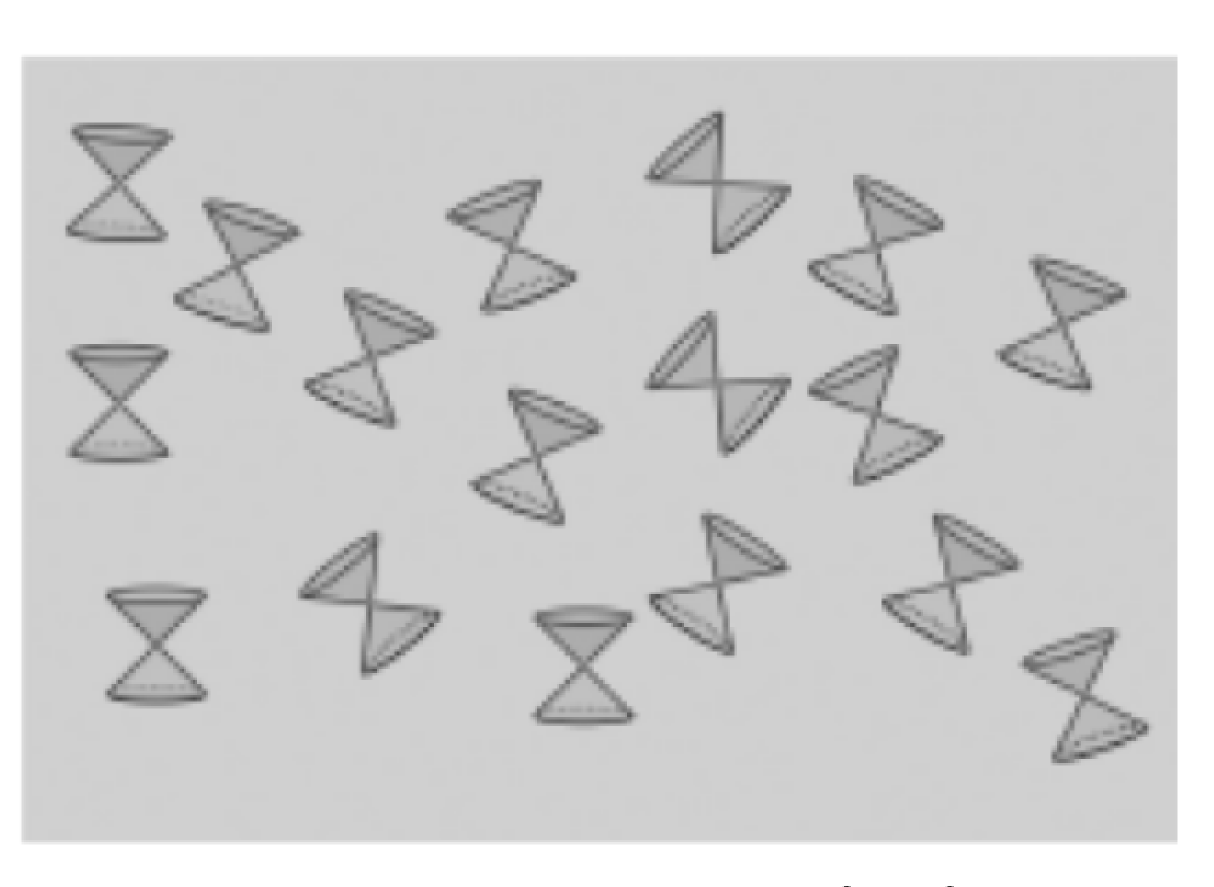
بل هي بالأحرى بِنيَة مؤلَّفة بالكامل من مخروطات ضوئية:



هذه هي بِنية الزمكان التي فهمها أينشتاين عندما كان في الخامسة والعشرين من عمره.

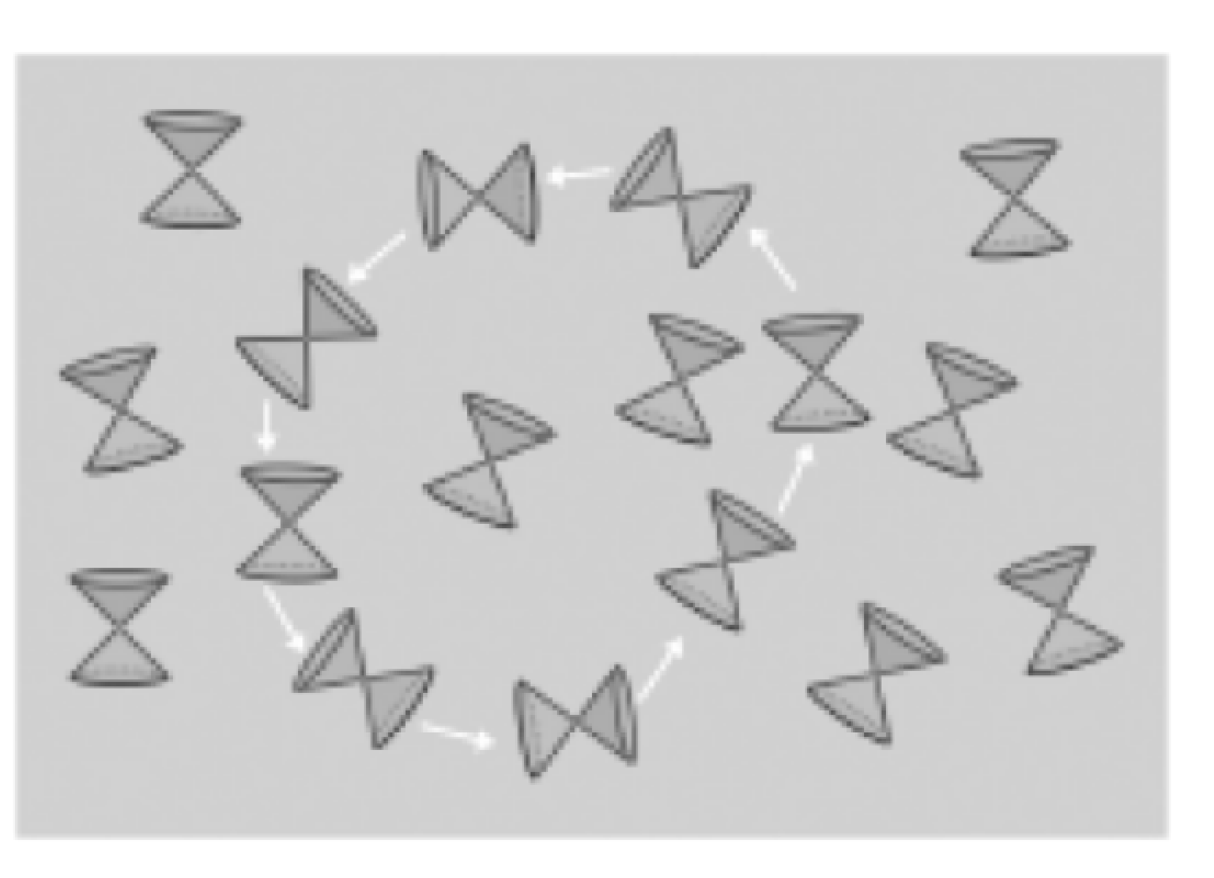
بعدها بعشر سنوات، سيتوصّل إلى فَهم أن السرعة التي يتدفّق بها الزمن تتغيّر من مكان إلى مكان. ويترتب على ذلك أن الزمكان لا يمتلك - في حقيقة الأمر -

الترتيب المبينَّ بالأعلى، وإنما يمكن أن يُشوَّه. الآن يبدو أشبه بالتالي:



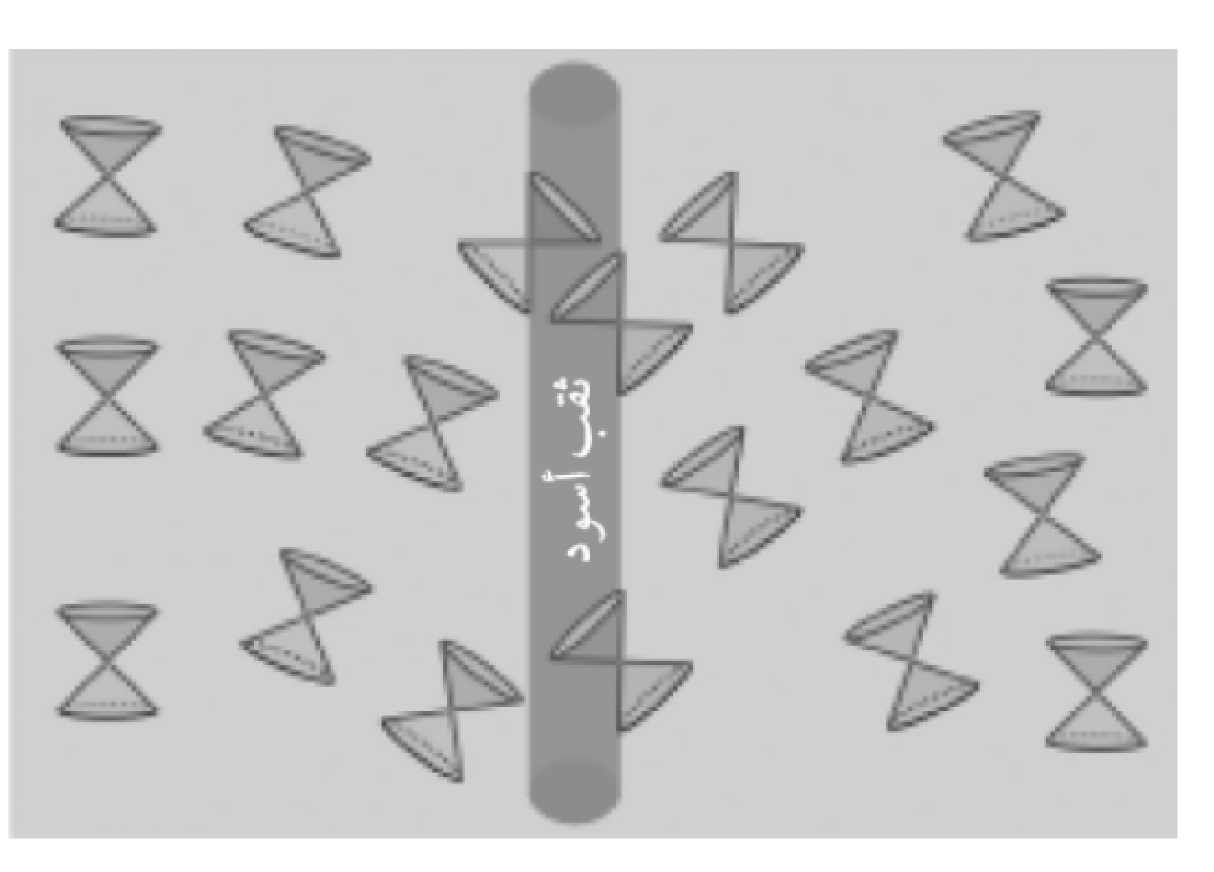
عندما تمرُّ موجةٌ جذبيّةٌ، على سبيل المثال، فإن المخروطات الضوئية الصغيرة تتأرجح معًا من اليمين إلى اليسار، مثل سنابل قمح في مهب الريح.

بل ويمكن لبِنيَة المخروطات أن تسمح للشخص، وهو يتقدّم دائمًا باتجاه المستقبل، أن يرجع إلى النقطة نفسها في الزمكان، على هذا النحو:

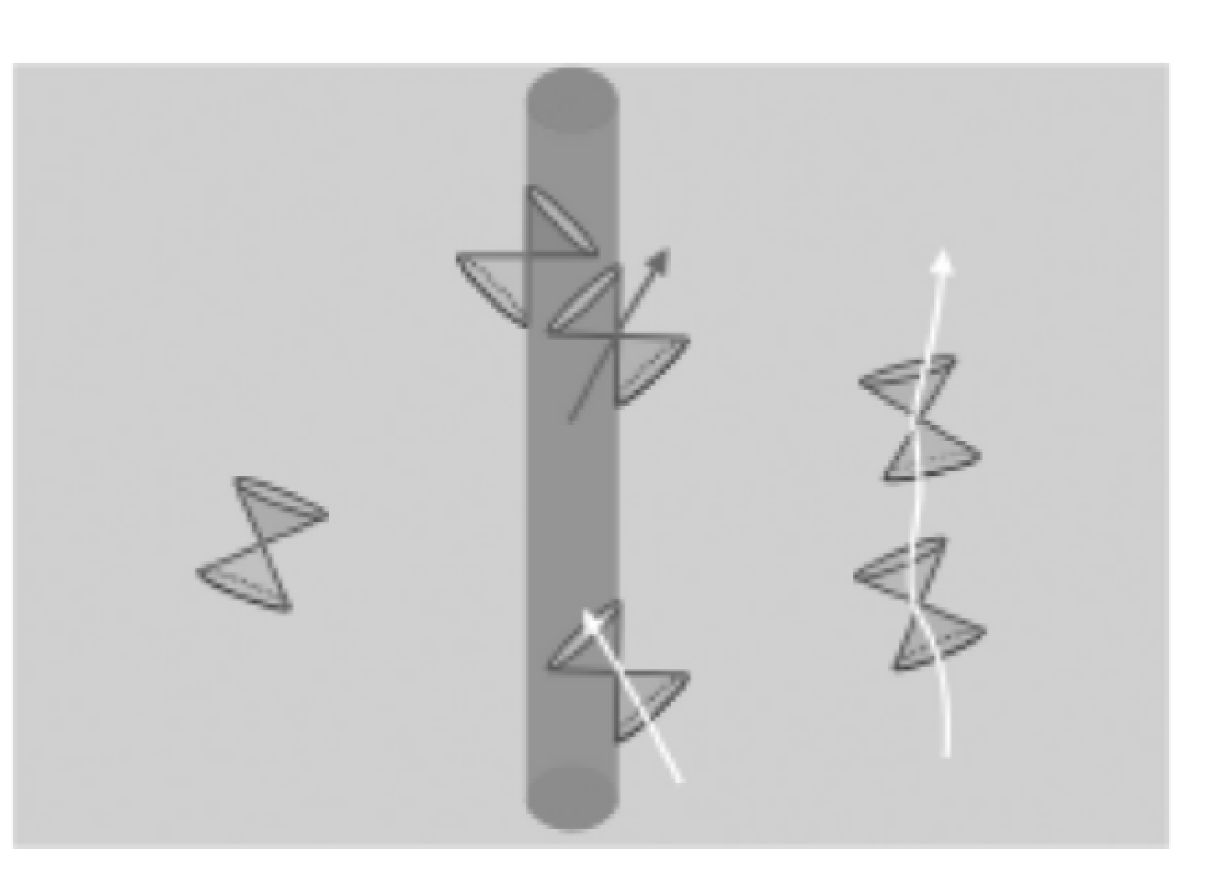


بهذه الطريقة، نجد المسار المستمرّ باتجاه المستقبل يرجع إلى الحدث الأصلي، إلى مَنشأه(*********)(12). وأوّل من أدرك هذا كان كورت غودِل، عالم المنطق العظيم في القرن العشرين، الذي كان آخر أصدقاء أينشتاين، ورافقه في نزهاته في شوارع برنِستون.

بالقرب من الثقب الأسود، تتقارب الخطوط باتجاهه، على هذا النحو(13):



ويرجع ذلك لأن كتلة الثقب الأسود تُبطئ الزمن إلى الحدّ الذي معه، عند تُخوم هذا الثقب الأسود (التي يُطلَق عليها «أُفُق» horizon)، يتوقّف الزمن ثابتًا بلا حـراك. إذا أمعنـتَ النظـر، سـترى أن سـطح الثقـب الأسـود مـوازٍ لحـوافّ المخروطات. هكذا، لكي تَخرج من ثقب أسود، سيكون عليك أن تتحرّك (مثلما في المسار المؤشَّر بالأسود في الرسم البياني التالي) باتجاه الحاضر، لا باتجاه المستقبل!(*********).



وهذا أمر مستحيل. إذ لا يمكن للأشياء أن تتحرّك إلا باتجاه المستقبل، مثلما في المسارات الموضحة بالأبيض في الرسم البياني. هذا ما يُكوِّن الثقب الأسود: جُنوح المخروطات الضوئية باتجاه الداخل، مشكِّلةً «أفقًا»، عازلةً منطقةً من المكان في المستقبل عن كل ما يحيطها. الأمر لا يتعدّى ذلك. البِنيَة المحليّة الغريبة للحاضر هي التي تُنتج الثقوب السوداء.

لقد مرّ أكثر من مئة عام منذ عرفنا أن «حاضر الكون» لا وجود له. ومع ذلك، يظلّ هذا الأمر يحيّرنا ولا يزال يبدو عصيًّا على الصياغة المفهوميّة. بين حين وآخر، يتمرّد أحد الفيزيائيين ويحاول إيضاح أن ذلك ليس صحيحًا(14). ويظل الفلاسفة يناقشون مظهر المستقبل. واليوم، كثيراً ما تجد مؤتمرات مخصَّصة لهذا الموضوع.

إذا كان الحاضر بلا معنًى، إذًا فما الذي «يوجد» في الكون؟ أليس ما «يوجد» هو بالتحديد ما هو هنا «في الحاضر»؟ إن فكرة أن الكون موجودٌ الآن في تَشَكُّلٍ مُعينَّ يتغيرّ ككلٍّ واحدٍ بمرور الزمن، برمَّتها، لم تعد قادرة على الصمود بكل بساطة.

(********) «متحرّك» بالنسبة إلى ماذا؟ كيف يمكننا تحديد أيّ الغرضينْ يتحرّك، إذا كانت الحركة نسبية فقط؟ هذه مسألة يجب أن تُربك الكثيرين. الإجابة الصحيحة (والتي نادرًا ما تقال) هي كالتالي: متحرّك بالنسبة إلى المرجع **الوحيد** حيث النقطة المكانيّة التي تنفصل عندها الساعتان هي النقطة المكانيّة نفسها التي تعودان فيها للقاء مجددًا. ثمة خط مستقيم واحد فقط بين حدثيْن في الزمكان، من (أ) إلى (ب): إنه الخط الذي على طوله يبلغ الزمن أقصاه، والسرعة **بالنسبة إلى هذا الخط** هي السرعة التي تُبطئ الزمن. إذا انفصلَت الساعتان ولم تلتقيا مجددًا، فلا معنى لسؤال أيّهما أسرع وأيّهما أبطأ. أما إذا التقيتا مجدداً، فسيمكن المقارنة بينهما، وتصبح سرعةُ كل منهما معنًى محدَّدًا جيّدًا.

(********) النانو ثانية: جزء من ألف مليون من الثانية، والملّي ثانية جزء من ألف من الثانية. (المترجم)

(********) «المسارات الزمنية الدائرية» closed temporal lines، حيث يعيدنا المستقبل إلى الماضي، هي ما يُلقي الرعب في قلوب مَن يتخيَّلون رجوعَ الابن إلى الماضي ليقتل أمَّه قبل مولده. لكن ما مِن تناقض منطقيّ يترتب على وجود مسارات زمنية دائرية أو رحلات إلى الماضي؛ نحنُ الذين نُعقّد الأمور بخيالاتنا المشوَّشة عن حرية المستقبل المزعومة.

(********) لأن الزمن، حين يسقط في حبائل الثقب الأسود، يتجمّد ساكنًا بلا حراك، فلا يعود هناك مستقبل. ولعلّ الكاتب يقول إن من يسعى للخروج من الثقب الأسود لن يجد «مستَقبلًا»، وسيكون عليه الاتجاه نحو «الحاضر»، الذي هو «الزمن الساكن» داخل الثقب الأسود. (المترجم)

٤ - ضياعُ الاستقلالِ

وعلى تلك الـمَوْجَة

سيكون علينا أن نُبحِرَ

نحنُ الذين نتغذّى على ثمارِ الأرض. (II, 14)

ماذا يحدثُ عندما لا يحدُث شيءٌ؟

لا يستغرق الأمر إلا بضع ميكروغرامات من عقار الهلوسة LSD لتوسيع نطاق خبرتك بالزمن إلى مدى ملحميٍّ وسحريّ(1). تسألُ أليِسْ: «ما طول الأبديّة؟»، ويجيبها الأرنب الأبيض قائلًا: «أحيانًا ثانية واحدة لا أكثر». ثمة أحلام لا تستمرّ لأكثر من لحظة واحدة يبدو فيها كل شيء وقد تجمَّد إلى الأبد(2). الزمن مطّاطيّ في خبرتنا الشخصية معه. الساعات تنقضي سريعًا مثل الدقائق، والدقائق بطيئة ثقيلة الوطأة، كما لو كانت قرونًا. من ناحية، نجد الزمن منظَّمًا بالروزنامة الطقوسية: عيد الفصح يَعقب الصوم الكبير، والصوم الكبير يتلوه الكريسماس؛ رمضان يُستهلُّ بالهلال، ويُختتم بعيد الفطر. من ناحية أخرى، كل تجربة صوفية، مثل اللحظة المقدّسة التي يَنذر لها سالك الطريق نفسه، تُلقي بالمؤمنين خارج الزمن، وتُقِيم اتصالًا بينهم وبين الأبديّة. فكيف، بحق الشيطان، أَدخَلنا في رؤوسنا أن الزمن يمرّ في كل مكان بالسرعة نفسها، قبل أن يكشف لنا أينشتاين خطأ تلك الفكرة؟ بالتأكيد لم تكن خبرتنا المباشرة بمرور الزمن هي ما أوحت لنا بفكرة أن الزمن ينقضي بالمعدَّل نفسه، دائمًا وفي كل مكان. فمن أين جاءتنا تلك الفكرة إذًا؟

على مدار قرون، ظللنا نُقسِّم الزمن إلى أيام. كلمة «زمن» time مشتقّة من جذر هندو - أوروبي - di أو dai - بمعنى «يُقسِّم». على مدار قرون، ظللنا نُقسِّم الأيام إلى ساعات(3). مع ذلك، فعلى مدار معظم هذه القرون، كانت الساعات أطول في الصيف وأقصر في الشتاء، لأن الاثنتي عشرة ساعة كانت تُقسِّم الزمن

بين الفجر والمغيب: الساعة الأولى كانت الفجر، والساعة الثانية عشرة المغيب، بغضّ النظر عن الموسم، كما نقرأ في حكاية صاحب الكرمة في إنجيل متّى(4). ولـمَّا كان الصيف، كما نقول في أيامنا هذه، يَشهد مرور «زمن أطول» بين الفجر والغروب، مقارنة بالشتاء، كانت الساعات في الصيف أطول، والساعات في الشتاء أقصر...

كانت الساعات الشمسيّة، والساعات الرمليّة، والساعات المائيّة موجودة بالفعل في العالم القديم، في منطقة البحر المتوسط والصين - لكنها لم تلعب الدور القاسي الذي تلعبه الساعات اليوم في تنظيم حياتنا. فقط في القرن الرابع عشر في أوروبا تبدأ حياة الناس في الانتظام وفقًا للساعات الميكانيكية. تُشيِّد المدن والقرى كنائسها، وتَنصب أبراجَ أجراس بجوارها، وتَضع ساعةً على بُرج الجرس لتُحدِّد إيقاع الأنشطة الجمعيّة. ويبدأ عصرُ الزمن المنظَّم وفقًا للساعات.

تدريجيًّا، يتسرب الزمن من بين أيدي الملائكة ويَسقط في أيدي علماء الرياضيات - كما يتضح غرافيكيًّا في كاتدرائية استراسبرغ، حيث تُتوَّج ساعتان شمسيّتان، على الترتيب، بملَاك (استُلهم من ساعات رمليّة أقدم من العام 1200) وبعالِم رياضيات (على الساعة الشمسية التي وُضعت هناك عام 1400).





تكمن جدوى الساعات، كما هو مفترَض، في كونها تُعلن الوقت نفسه. مع ذلك فهذه الفكرة بدورها أكثر حداثة مما قد نتخيل. على مدار قرون، عندما كان الناس يسافرون فوق صهوات الجياد، أو على الأقدام، أو في العربات الخشبية، لم يكن هناك سببٌ يدعو إلى مُزامَنة الساعات بين مكان وآخر. بل كان هناك سبب وجيه لعدم فعل ذلك. فمنتصف النهار، بالتعريف، هو لحظة بلوغ الشمس ذروة ارتفاعها. كانت كل مدينة وقرية لديها ساعة شمسيّة تُسجِّل لحظة وصول الشمس إلى منتصف مسارها، ما يَسمح بضبط الساعات فوق أبراج الأجراس وفقًا لها، لكي يراها الجميع. لكنّ الشمس لا تَصل إلى نقطة منتصف النهار في اللحظة نفسها في ليتشي وفينيسيا، أو في فلورنسا، أو في تورينو، لأن الشمس تتحرّك من الشرق إلى الغرب. هكذا، يصل منتصف النهار أولًا إلى فينيسيا، وبعدها بزمن طويل إلى تورينو، وعلى مدار قرون ظلّت الساعات في فينيسيا متقدّمة بنصف ساعة كاملة عن نظيراتها في تورينو. كل قرية صغيرة كانت لديها «ساعتها» hour الفريدة. وفي محطة القطارات في باريس كنتَ ترى ساعةً خاصّة، متأخّرة قليلة عن بقية المدينة، على سبيل التلطُّف مع المسافرين المتأخرين عن مواعيدهم (5).

في القرن التاسع عشر يصل التلغراف، وتصبح القطارات شائعة وسريعة، وتنشأ مشكلة مُزامَنة الساعات على نحو سليم بين مدينة وأخرى. لكن مسألة تنظيم جداول القطارات في مختلف المحطات تصير مُربكة للغاية إذ كانت كل محطة تؤشِّر إلى زمن مختلف. تُجرى أولى محاولات التوحيد القياسي للزمن في الولايات المتحدة. في البداية، يظهر اقتراح بتحديد ساعة عمومية للعالم بأكمله. بمعنى إطلاق اسم «الساعة الثانية عشرة»، على سبيل المثال، على لحظة وقوع منتصف النهار في لندن، بحيث يقع منتصف النهار في الساعة 12:00 في لندن ونحو الساعة 18:00 في نيويورك. بيدَ أن الاقتراح لا يُستقبل بالترحاب، لأن الناس مرتبطون بالزمن المحلّي. في العام 1883، يتمّ التوصّل إلى توافق حول فكرة تقسيم العالم إلى نطاقاتٍ زمنية، ومن ثم توحيد الزمن بصورة قياسية داخل كل نطاق فقط. بهذه الطريقة، يجري تضييق الفارق بين الساعة الثانية عشرة ومنتصف النهار المحلّي إلى مدى أقصاه نحو ثلاثين دقيقة. تدريجيًّا،

يوافق بقية العالم على هذا المقترح وتبدأ مُزامنة الساعات بين مختلف المدن(6).

يصعب أن تكون مصادفة خالصة أنّ أينشتاين الشاب، قبل حصوله على منصب جامعي، عَمِلَ في «مكتب براءات الاختراع السويسري»، وتعامل تحديدًا مع براءات الاختراع المتعلّقة بمزُامَنة الساعات في محطات السكك الحديدية. والأرجح أن ذهنه تفتّق عن الفكرة هناك: مشكلة مُزامَنة الساعات، في نهاية المطاف، مشكلة غير قابلة للحل.

بعبارة أخرى، لم تمرّ إلا أعوام قليلة بين لحظةِ توافُقْنا على مُزامَنة الساعات واللحظة التي أدرك فيها أينشتاين استحالة فعل ذلك على وجه الدقة.

لآلاف السنين قبل اختراع الساعات، ظل سبيلنا الوحيد المعتاد لقياس الزمن هو تبدُّل النهار والليل. إيقاع النهار الذي يعقبه ليل ينظِّم أيضًا حياة النباتات والحيوانات. الإيقاعات النهاريّة متفشّية في العالم الطبيعي. إنها جوهريّة للحياة، ولعلّها لعبت دورًا محوريًّا في أصل الحياة على الأرض ذاتها، إذ تحتاج أيُّ آليّة إلى تأرجُحٍ يُطلِق حركتها. الكائنات الحية ملأى بمختلف أنواع الساعات - جزيئيّة، عصبيّة، كيميائيّة، هرمونيّة - وكل منها تنسجم مع الأخرى بدرجة أو بأخرى(7). وثمة آليّات كيميائية تمتثل لإيقاع الأربع وعشرين ساعة حتى في الكيمياء الحيويّة للخلايا المفرَدة.

الإيقاع النهاري هو المصدر الأوّلي لفكرتنا عن الزمن: الليل يعقُب النهار؛ والنهار يعقُب الليل. نحن نَعدُّ دقّات هذه الساعة الهائلة: نَعدُّ الأيام. في وعي البشرية الغابر، كان الزمن، في المقام الأول، هو ذلك العَدُّ للأيام.

علاوة على الأيام، نَعدُّ السنوات والفصول، ودورات القمر، وتارات تأرجُح البندول، والمرّات التي تُقلَب فيها الساعة الرملية. على هذا النحو ظللنا نُدرك الزمن كما جرت العادة: عَدُّ مرّاتِ تغيرُّ الأشياء.

كان أرسطو، بحسب معرفتنا، أول من سأل نفسه السؤال: «ما الزمن؟»، وانتهى

إلى الخلاصة التالية: الزمن هو قياس التغيرُّ. الأشياء تتغير بصورة مستمرة. ونحن نطلق اسم «الزمن» على قياس، أو حساب، هذا التغيرُّ.

فكرة أرسطو معقولة: الزمن هو ما نُحيل إليه عندما نسأل «متى؟». «بَعدَ كَمْ مِنَ الزمن سَترَجِع؟» معناها «متى سترَجِع؟». الجواب على سؤال «متى؟» يُحيل إلى شيء يحدث. «سأرجِع في غضون زمن مقداره ثلاثة أيام»، تعني أن الشمس، بين المغادرة والعودة، ستكون قد أكملت ثلاث دورات في السماء. الأمر بهذه البساطة.

إذاً، لو لم يتغيرّ شيء، لو لم يتحرّك شيء، هل يتوقّف الزمن عن المرور؟

أرسطو كان مؤمنًا بذلك. لو لم يتغيرّ شيء، فإن الزمن لا يمرّ - لأن الزمن هو طريقتنا في إدراج أنفسنا في علاقة مع تغيرّ الأشياء: وضع أنفسنا في علاقة مع عدِّ الأيام. الزمن هو قياس التغيرّ (8): إذا لم يتغيرّ شيء، فلا زمن.

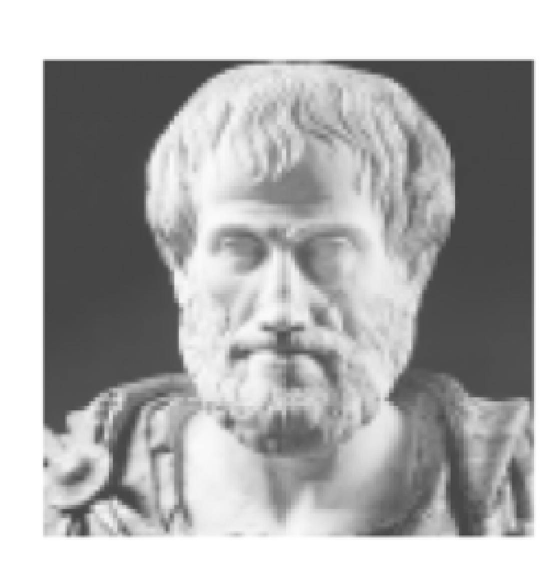
لكن ما هو، إذاً، الزمن الذي أسمعه ينساب وسط الصمت؟ يقول أرسطو في كتابه «الطبيعيّات»: «إذا كان ظلامٌ وكانت خبرتُنا الجسديّة معدومة، لكنّ تغيراً يحدث داخل العقل، نفترضُ على الفور أن زمنًا قد مرَّ أيضًا»(9). بعبارة أخرى، حتى الزمن الذي نُدرك تدفّقه داخلنا هو قياسٌ لحركة ما: حركة داخلية... لو لم يتحرّك شيء، فلا زمن، لأن الزمن ليس إلا تسجيلًا للحركة.

أما نيوتن فيفترض العكس تمامًا. في كتابه العُمدة، «المبادئ»، يكتب:

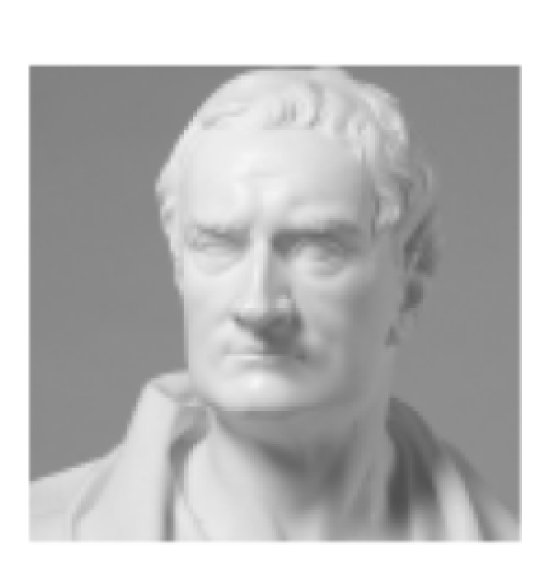
أنا لا أُعرِّف الزمنَ والفضاءَ والمكانَ والحركةَ لأنها معروفة للجميع. فقط ينبغي عليَّ أن ألَفِت إلى أن العامّة لا يدركون هذه المقادير إلا وفقًا لعلاقتهم بالأغراض المحسوسة. وبالتالي تظهر تحيُّزات معيَّنة، لكي نزيلها، سيكون من الملائم تمييزها بين «مطلق» و«نسبي»، «صحيح» و«ظاهر»، «رياضيّ» و«عاميّ»(10).

بعبارة أخرى، يلاحظ نيوتن أن ثمة وجودًا لـ«زمن» من نوعٍ ما يقيس الأيام والحركات: ذلك الزمن الذي تعرَّض له أرسطو (النّسبيّ، الظاهر، والعاميّ). لكنه

يزعم أيضًا أنه، إضافة إلى ذلك، لا بدّ من وجود زمن آخر: زمن «صحيح» يمرّ بغضِّ النظر، وبصورة مستقلة عن الأشياء وعن تغيرُّاتها. لو ظلت كل الأشياء ساكنة بلا حراك، وتجمّدت حتى حركاتُ أرواحِنا، فإن هذا الزمن سيواصل المرور، وفقًا لنيوتن، مساويًا لنفسه، ومن دون أن يتأثّر: زمنٌ «صحيح». إنه النقيض التام لما يكتبه أرسطو.



أرسطو: الزمن ليس إلا قياسًا للتغيُّر.



نيوتن: هناك زمن يمرّ حتى لو لم يتغيَّر أيُّ شيء.

يقول نيوتن إنه ليس بالإمكان التوصّل إلى الزمن «الصحيح»، سواءً بصورة مباشرة أو غير مباشرة، عبر الحسابات. إنه ليس مثل الزمن الذي تحدّده الأيام، لأن «الأيام الطبيعية غير متساوية حقًّا، ولو أنها تُعتبر متساوية عمومًا، وتُستخدم لقياس الزمن: الفلكيُّون يُصوِّبون هذا التباين الذي قد يقيسون به حركات الأجرام السماوية باللجوء إلى زمن أكثر دقة»(11).

إذًا، مَن المحقّ: أرسطو أم نيوتن؟ اثنان من ألمع وأعمق محقّقي الطبيعة الذين شهدهم العالم طُرًّا يقترحان طريقتين متناقضتين للتفكير في الزمن. عملاقان يسحباننا في اتجاهين متضادين(12).

هل الزمن مجرد طريقة لقياس كيفية تغيرّ الأشياء، كما يقول أرسطو - أم ينبغي علينا الاعتقاد في وجود زمن مطلق يتدفّق بذاته، مستقلًّا عن الأشياء؟ السؤال

الذي ينبغي علينا طرحه حقًّا هو التالي: أيٌّ من هاتين الطريقتين في التفكير في الزمن تساعدنا على فَهم العالم على نحو أفضل؟ أيٌّ من هذين التدبيرين المفهوميَّيْن أكثر نجاعة؟

على مدار بضعة قرون، بدا أن المنطق في صفّ نيوتن. إذ سمح نموذج نيوتن، القائم على فكرة وجود زمنٍ مستقلٍّ عن الأشياء، بتأسيس الفيزياء الحديثة - فيزياء تَبلي بلاءً حسنًا على نحو لا يصدَّق. ويَفترض هذا النموذج وجود الزمن ككيان يجري بطريقة موحّدة لا يعتورها أيُّ اضطراب. يكتب نيوتن معادلات تصِف كيف تتحرك الأشياء في الزمن، مشيراً إلى الزمن بحرف (13) t. فماذا يعني ذلك الحرف؟ هل يرمز t إلى الزمن الذي يتشكّل وفقًا لساعات الصيف الأطول وساعات الشتاء الأقصر؟ بالطبع لا. إنه يرمز إلى الزمن «المطلَق، الصحيح، الرياضي»، الذي افترض نيوتن أنه يجري مستقلًّا عن الأشياء التي تتغيّر أو الأشياء التي تتحرّك.

الساعات، بالنسبة إلى نيوتن، هي أدوات تسعى، وإن بطريقة غير دقيقة دائمًا، إلى تتبّع هذا التدفق المتساوي والموحَّد للزمن. يكتب نيوتن أن هذا الزمن «المطلَق، الصحيح، الرياضي» غير قابل للإدراك. بل يجب أن يُستخلَص، عبر الحساب والملاحظة، من نظاميّة الظواهر. زمن نيوتن ليس دليلًا تمنحه لنا حواسنا؛ إنه بِنيَة فكرية أنيقة. إذا بدا لك، عزيزي القارئ المثقف، وجود هذا المفهوم النيوتونيّ للزمن المستقلّ عن الأشياء بسيطًا وطبيعيًّا، فهذا لأنك قابلته في المدرسة. لأنه أصبح تدريجيًّا الطريقة التي ننظر بها جميعًا للزمن. لقد تغلغل في الكتب المدرسية في شتّى أرجاء العالم وانتهى إلى أن صار طريقتنا العاميّة لفهم الزمن. لقد حوّلناه إلى أمر من أمور الحسّ السليم. لكن وجود زمن موحَّد، مستقلٍّ عن الأشياء وعن حركتها، ذلك الذي يبدو اليوم طبيعيًّا جدًّا بالنسبة إلينا، ليس حدسًا غابراً يتسم بالبديهية بالنسبة إلى البشرية نفسها. إنه من بنات أفكار نيوتن.

في الحقيقة، قابل معظم الفلاسفة هذه الفكرة بالرفض. في ردٍّ عنيفٍ محتدٍّ شهيرٍ، دافع لايبنتس عن الأطروحة التقليدية القائلة بأن الزمن ليس إلا تراتبًا

للأحداث، دافعًا بأنه ما مِن زمنٍ مستقل بذاته. وتقول الأسطورة إن لايبنتس Leibniz، الذي لا يزال اسمه يُكتب بحرف t من حين إلى آخر Leibnitz، قد أسقط عمدًا ذلك الحرف من اسمه انسجامًا مع إيمانه بعدم وجود الزمن النيوتونيّ المطلق (14) t.

قبل نيوتن، كان الزمن بالنسبة إلى البشرية هو طريقة حساب كيفية تغيُّر الأشياء. قبله، لم يكن أحد قد فكر في إمكانية وجود زمن مستقل عن الأشياء. لا تنظر إلى حدسك وأفكارك على أنها «طبيعيّة»؛ فهي غالبًا نتاج أفكار المفكرين الشجعان الذين جاءوا من قبلنا.

لكن مِن بين هذين العملاقين، أرسطو ونيوتن، أكان نيوتن حقًّا هو المصيب؟ ما هو بالضبط هذا «الزمن» الذي طرحه، وأقنع العالم كلّه بوجوده: الزمن الذي ينسجم ببراعة في معادلاته لكنه، مع ذلك، ليس الزمن الذي ندركه.

للخروج من بين هذين العملاقين، وللمصالحة بينهما بطريقة غريبة، لَزِمَ ظهور عملاق ثالث. مع ذلك، فقبل أن نصل إليه، حريٌّ بنا أن نستطرد قليلًا حول المكان.

ماذا هناكَ حيثُ لا شيءَ هناك؟

التفسيران المختلفان للزمن (قياس الـ«متى» في ما يتعلّق بالأحداث، كما أراد أرسطو؛ والكيان الذي يجري حتى في حال عدم حدوث أي شيء، وفقًا لنيوتن) يمكن تكرارهما مع المكان. الزمن هو ما نتحدّث عنه عندما نسأل «متى؟». المكان هو ما نتحدّث عنه عندما نسأل «أين؟». إذا سألتُ: «أين الكولوسيوم؟»، قد يجيبني شخصٌ ما: «إنه في روما». إذا سألتُ: «أين أنتَ»، فإن إحدى الإجابات الممكنة قد تكون: «في البيت». الرد على سؤال «أين شيءٌ ما؟» يعني الإشارة إلى شيءٍ آخر حولَ ذلك الشيء. إذا قلتُ: «في الصحراء الكبرى»، ستتصورني محاطًا بكثبان الرمال.

كان أرسطو أول من ناقش بعمق وبصيرة ثاقبة معنى «الفضاء» أو «المكان»،

وأول من وصل إلى تعريف دقيق: مكان الشيء هو ما يحيط بذلك الشيء(15).

مثلما في حالة الزمن، يقترح نيوتن أنه ينبغي علينا التفكير بصورة مختلفة. المكان الذي عرَّفه أرسطو، تعدادُ ما يحيط بكلّ شيء من الأشياء، يُطلق عليه نيوتن: «نسبيّ، ظاهر، وعاميّ». بينما يُطلِق صفات «مطلَق، صحيح، رياضي» على المكان في ذاته، الموجود حتى حيث لا وجود لأي شيء.

البونُ بين أرسطو ونيوتن شاسعٌ. عند نيوتن، يمكن بين شيئين، أيضًا، أن يوجد «مكانٌ فارغ». عند أرسطو، من العبث الحديث عن مكان «فارغ»، لأن المكان ليس إلا الترتيب الحيِّزي للأشياء. إذا لم تكن هناك أشياء - ولا امتدادات ولا اتصالات لهذه الأشياء - فما مِن مكان. نيوتن يتخيل أن الأشياءَ واقعةٌ في «المكان» الذي يستمر في الوجود، فارغًا، حتى لو كان متجرّدًا من الأشياء. عند أرسطو، هذا «المكان الخاوي» ليس له معنى، لأنه إذا لم يتماسّ شيئان فمعنى ذلك أن هناك شيئًا ما آخر بينهما، وإذا كان هناك «شيءٌ ما»، فهذا «الشيء الـما» هو شيء، ومن ثم شيء موجود هناك. لا يمكن أن يكون «لا شيء» هناك.

من ناحيتي، أجد من الغريب أن كلًّا من هاتين الطريقتين في التفكير في المكان تنشأ من خبرتنا اليومية. الفارق بينهما موجود بسبب خصلة غريبة من خِصال العالم الذي نعيش فيه: خفّة الهواء، الذي لا ندرك وجوده إلا بالكاد. بوسعنا أن نقول: أرى طاولة، كرسيًّا، قلمًا، السقف - وإنه بيني وبين الطاولة لا شيء هناك. أو بوسعنا أن نقول إن بين كلِّ شيء وآخر من هذه الأشياء هناك هواء. أحيانًا ما نتحدّث عن الهواء وكأنه شيء ما، وأحيانًا نتحدّث عنه وكأنه لا شيء. أحيانًا كأنه هناك، وأحيانًا كأنه ليس هناك. لقد اعتدنا أن نقول: «هذا الكوب فارغ» لكي نقول إنه مملوء بالهواء. وعلى ذلك يمكننا التفكير في العالم من حولنا بوصفه «فارغًا تقريبًا»، ليس به إلا بضعة أشياء هنا وهناك، أو - عوضًا عن ذلك - بوصفه «مملوءًا بالكامل»، بالهواء. في نهاية المطاف، لا يتعمّق أرسطو ونيوتن في الميتافيزيقا: بل يكتفيان باستخدام هاتين الطريقتين الحدسيَّتين المختلفتين والحاذقتين في رؤية العالم من حولنا - بوضع الهواء أو بعدم وضعه في الحسبان - وتحويلهما إلى تعريفين للمكان.

يريد أرسطو، الأولُ على صَفِّه دائماً، أن يكون دقيقًا: لا يقول إن الكوب فارغ؛ يقول إنه مملوء بالهواء. ويلاحظ أنه، في خبرتنا، ما مِن مكان قَطّ حيث «لا شيء هناك، ولا حتى الهواء». أما نيوتن، الذي لا ينشغل كثيراً بالدقة قدر انشغاله بكفاءة الإطار النظري الذي ينبغي بناؤه من أجل توصيف حركة الأشياء، فلا يفكر في الهواء، بل في الأغراض. إذ يبدو أن الهواء، في نهاية المطاف، لا يبذل إلا تأثيراً ضئيلاً على الحجر حين يسقط. بل إن بوسعنا تخيُّل أنه غير موجود.

وكما في حالة الزمن، قد تبدو فكرة نيوتن حول «المكان الحاوي» طبيعية بالنسبة إلينا، لكنها فكرة متأخّرة انتشرت بسبب التأثير الهائل لأفكاره. فما يبدو لنا الآن حدسيًّا، إنْ هو إلا نتيجة للشروحات العلمية والفلسفية المسهِبة في الماضي.

قد تبدو فكرة «المكان الفارغ» النيوتنيّة مؤكّدة عندما يوضح توريتشيللي أن بوسعنا تفريغ زجاجة مما فيها من هواء. مع ذلك، فسرعان ما يتضح أن العديد من الكيانات الفيزيائية تبقى داخل الزجاجة: مجالات كهربيّة ومغناطيسيّة، وتَدافُع دائم للجزيئات الكَمّيّة. هكذا تظل فكرة وجود فراغ تام، لا يحتوي على أي كيان فيزيائي باستثناء المكان عديم الشكل - المكان «المطلَق، الصحيح، الرياضي» - فكرة نظرية ألمعيّة طرحها نيوتن لكي يؤسّس عليها فيزياءه، إذ ما مِن دليلٍ تجريبي علمي يدعم وجوده. إنها فرضية عبقرية، ربما أعمق استبصارٍ حقّقه أحد أعظم العلماء - لكن أتتفق هذه الفرضية فعلاً مع حقيقة الأشياء؟ هل مكان نيوتن له وجود في الحقيقة؟ وإذا كان موجوداً، هل هو عديم الشكل حقًّا؟ هل يمكن لمكان أن يوجد حيث لا وجود لأي شيء؟

السؤال مطابق لنظيره المتعلّق بالزمن: هل زمن نيوتن «المطلق، الصحيح، الرياضي» موجود، يتدفّق حيث لا يحدث شيء؟ وإن كان موجوداً، فهل هو شيء مختلف بالكامل عن أشياء عالمنا هذا؟ هل هو مستقل مطلقًا وكليًّا عن تلك الأشياء؟

تكمن الإجابة على كلِّ تلك الأسئلة في التوليف غير المتوقّع لأفكار تبدو متناقضة

اعتنقها العملاقان. ومن أجل التوصل إلى هذه التوليفة، كان من الضروري أن ينضم عملاق ثالث إلى الرقصة(*********).

رقصةُ العمالقةِ الثّلاثةِ

التوليف بين زمن أرسطو وزمن نيوتن هو الإنجاز الأكبر بين إنجازات أينشتاين كافة. إنه جوهرة التاج بالنسبة إلى مُنجَزه الفكري.

الإجابة هي أن الزمن والمكان اللذين توصَّل نيوتن إلى وجودهما بالحدس، في ما وراء المادة الملموسة، موجودان بصورة فعلية. إنهما حقيقيّان. الزمن والمكان من الظواهر الحقيقية. لكنهما ليسا مُطلقَيْن بأي حال من الأحوال؛ وهما ليسا مستقلَّيْن بالمرّة عمّا يحدث؛ وليسا مختلفَيْن عن غيرهما من جواهر العالم كما تخيّل نيوتن. نستطيع أن نفكّر في لوحة قماشية نيوتنيّة هائلة رُسمت عليها قصة العالم. لكن هذه اللوحة القماشية مصنوعة من المادة نفسها المصنوع منها كل شيء آخر في العالم، الجوهر نفسه الذي صُنع منه الحجر، والضوء، والهواء: إنها مصنوعة من مجالات.

يطلق الفيزيائيون اسم «مجالات» على الجواهر التي تُكوِّن، بحسب ما توصَّلَت إليه معارفنا، نسيجَ حقيقة العالم المادية. أحياناً قد تُمنَح أسماءً غريبة: «مجالات ديراك» Dirac fields هي القماشة التي تُصنع منها الطاولات والنجوم. المجال «الكهرومغناطيسي» هو النسيج الذي يُصنع منه الضوء، وكذا أصل القوى التي تجعل المحرّكات الكهربائية تدور وإبرة البوصلة تؤشّر إلى الشمال. لكنْ - وهذه هي النقطة الحاسمة - هناك أيضًا «مجال جذبيّ» gravitational field: وهو أصل قوة الجاذبيّة لكنه أيضًا القوام الذي يشكّل مكان نيوتن وزمنه، القماشة التي تُرسم عليها بقية العالم. الساعات آلياتٌ لقياس امتداده. الأمتار المستخدمة لقياس الأطوال هي أجزاءٌ من المادة تقيسُ وجهًا آخر من امتداده.

الزمكان هو المجال الجذبيّ - والعكس صحيح. إنه شيء يوجد بذاته، كما حدسَ نيوتن، حتى من دون مادة. لكنه ليس كياناً يختلف عن الأشياء الأخرى في العالم

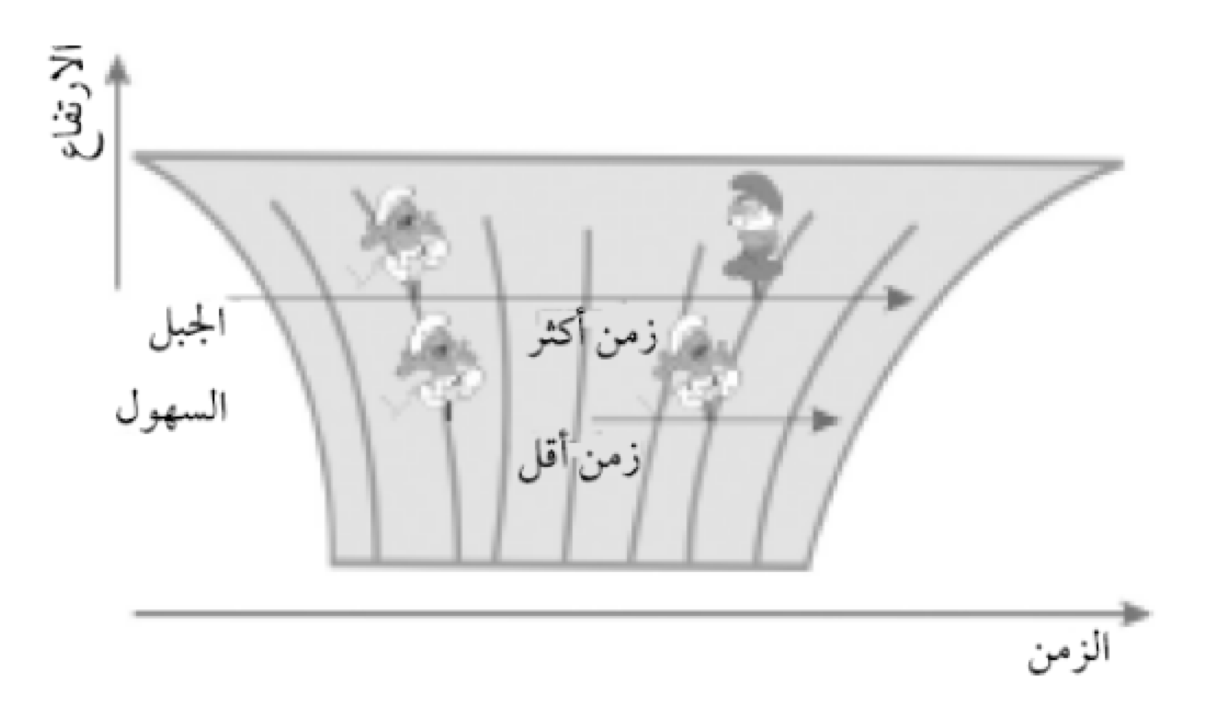
- كما ظنّ نيوتن - بل هو مجال مثل بقية المجالات. أكثر من رسمٍ على لوحةٍ قماشية، يُشبِه العالم تراكبًا superimposition من اللوحات القماشية، من الطبقات، حيث المجال الجذبيّ مجرّد طبقة واحدة بين طبقات أخرى. ومثل الطبقات الأخرى، لا هو مطلَق ولا موحَّد، ولا هو ثابت: إنه ينثني، ويتمدّد، ويتحاكّ مع غيره من المجالات، فيدفعها ويسحبها. المعادلات تصف التأثيرات المتبادلة لكل المجالات بعضها على البعض، والزمكان واحد من تلك المجالات(*********).

كذلك يمكن للمجال الجذبيّ أن يكون أملس ومسطحًا، مثل سطحٍ مستوٍ، وهذه هي النسخة التي وصفها نيوتن. إذا قسناه بالمتر، نكتشف أن الهندسة الإقليديّة التي تعلمناها في المدرسة تنطبق عليه. بيدَ أنّ المجال يمكن أن يتموج أيضًا، في ما نسميه أمواجًا جذبيّة. يمكنه أن ينكمش ويتمدّد.

هل تتذكّر الساعات في الفصل الأول التي تتباطأ عندما تُجاور كتلة ما؟ إنها تتباطأ، على وجه الدقة، بسبب وجود مجال جذبيّ «أقل» هناك. ثمة زمن أقل هناك.

اللوحة القماشية التي يشكّلها المجال الجذبيّ تشبه لوحة مرنة شاسعة الاتساع يمكن جذبها ومطّها. ومطُّها وانحناؤها هو أصل قوة الجاذبية، أصل سقوط الأشياء، ويقدِّم تفسيراً أفضل لذلك مقارنةً بالنظرية النيوتنيّة القديمة للجاذبية.

انظر مجدّدًا إلى الشكل في الفصل الأول الذي يوضح كيف يمرّ الزمن بالأعلى أكثر من الأسفل، لكن تخيّل الآن أن الورقة التي رُسم عليها هذا الشكل البياني مطّاطيّة؛ تخيل مطّها حتى يصير الزمن في الجبال متمدّدًا. ستحصل على شيء أشبه بالصورة التالية، التي تمثّل المكان (الارتفاع على المحور الرأسي) والزمن (على المحور الأفقي) - لكن، الآن، الزمن «الأطول» في الجبال يعادل عمليًّا فترة زمنية أطول.



هــذه الصــورة توضــح مــا يسميه الفيزيـائيون «الزمكـان المنحنـي» curved spacetime. «منحــنٍ» لأنــه مشـوَّه: المسافات تتمـدّد وتتكمش، تمـامًا مثـل الصفيحة المرنة عندما تُشدّ. هذا هو سبب ميل مخروطات الضوء في الرسوم الإيضاحية في الفصل الثالث.

هكذا يصبح الزمن جزءًا من هندسة معقّدة منسوجة مع هندسة المكان. هذا هو التوليف الذي وَجدَه أينشتاين بين تصوّرَيْ أرسطو ونيوتن عن الزمن. بضربة هائلة من جناحيه، فهم أينشتاين أن أرسطو ونيوتن كليهما محقّ. نيوتن محقّ في حدسه أن شيئًا آخر يوجد بالإضافة إلى الأشياء البسيطة التي نراها تتحرّك وتتغير. الزمن النيوتنيّ الصحيح والرياضي موجود؛ إنه كيان حقيقي؛ إنه المجال الجذبيّ، الصفيحة المرنة، الزمكان المنحني في الرسم الإيضاحي. لكن نيوتن مخطئ في افتراضه أن هذا الزمن مستقلٌ عن الأشياء - وأنه يمرّ على نحو منتظم، لا ينال منه أي اضطراب، وبمعزل عن كل شيء آخر.

أما أرسطو، من جانبه، فهو محقٌّ في قوله إن الـ«متى» والـ«أين» قائمان دائمًا في علاقة بشيء ما. لكن هذا «الشيء الما» يمكن أيضًا أن يكون المجال لا أكثر، الكيان المكاني - الزمني الذي تحدّث عنه أينشتاين، لأنه كيان ديناميكي وملموس، مثل كل الكيانات الأخرى التي نستطيع تحديد مواقعنا بالرجوع إليها، كما لفَتَ

أرسطو في ملاحظته السديدة.

كل هذا متّسق تمام الاتّساق، ومعادلات أينشتاين التي تصِف تشوّهات المجال الجذبيّ وتأثيراته على الساعات والأمتار تعرّضت لتحقيق وإثبات مرارًا وتكرارًا على مدار ما يربو على القرن. بيدَ أنّ تصوُّرنا عن الزمن فَقَدَ جزءًا آخر من مكوناته الأساسية: استقلاله المفترض عن بقية العالم.

لقد قادتنا تلك الرقصة الثلاثية لهؤلاء العباقرة - أرسطو ونيوتن وأينشتاين - إلى فهمٍ أعمق للزمن والمكان. ثمة بِنيَة حقيقية هي المجال الجذبيّ؛ إنه ليس منعزلًا عن بقية الفيزياء، ولا هي المسرح الذي يمرّ العالم فوقه. إنه مكوِّن ديناميكي لرقصة العالم العظيمة، يشبه كل المكوِّنات الأخرى، ويتفاعل معها، محدِّدًا إيقاع تلك الأشياء التي نسميها أمتارًا وساعاتٍ، وإيقاع كل الظواهر الفيزيائية.

قَدَرُ النجاح، كعهده دومًا، إنه قصير العمر - حتى النجاح العظيم. يكتب أينشتاينمعادلات المجال الجذبيّ عام 1915، وبعدها بسنة واحدة لا أكثر يعود أينشتاين نفسه ليلاحظ أن تلك لا يمكن أن تكون الكلمة الأخيرة حول طبيعة الزمن والمكان، بسبب وجود ميكانيكا الكمّ. والمجال الجذبيّ، مثل كل الأشياء الفيزيائية، يتمتّع بالضرورة، لا بدّ، بخصائص كَميَّة.

(********) لقد واجهتُ انتقادًا لسردي تاريخ العلم وكأنه نتاجُ أفكارِ بِضعة عقولٍ ألمعيّة لا نتاجُ الجهد الجهيد لأجيالٍ تلو أجيال. وهو انتقادٌ عادلٍ ووجيهٍ، وأنا أعتذر للأجيال التي أنجزَت وتُنجز العمل الضروري. عذري الوحيد أنني لا أسعى لوضع تحليل تاريخي مفصَّل أو إقرار منهجية علمية. أنا فقط أولِّف بين بعض الخطوات الحاسمة. لقد كانت التطوّرات البطيئة، والتقنية، والثقافية، والفنية، التي أنجزَتها وُرَشُ عملٍ لا حصر لها من الرسّامين والفنانين، ضرورية قبل أن يصبح بالإمكان إنجاز العمل الفنّي الرائع في كنيسة سيستينا. لكن في النهاية، كان مايكل أنجلو هو من رسمها.

(********) الدرب الذي سلكه أينشتاين من أجل الوصول إلى ذلك الاستنتاج كان دربًا طويلًا: لم ينتهِ بكتابة معادلات المجال عام 1915 بل استمر في جهود

شاقّة ومتعرّجة من أجل فهم أهميته الفيزيائية، ما جعله يغيّر أفكاره مرارًا في تلك الأثناء. وقد أربكه على وجه الخصوص وجود حلول للمعادلات من دون وجود مادة، كما أربكه السؤال إن كانت الموجات الجذبيّة حقيقية أم لا. ولا يحقّق وضوحًا حاسمًا إلا في كتاباته الأخيرة، وعلى وجه الخصوص، في الملحق الخامس، «النسبية ومشكلة المكان»، الذي أضيف إلى الطبعة الخامسة من كتابه «النسبية: النظرية الخاصّة والعامّة»:

Relativity: The Specia l and General Theory, Methuen, London, 1954.

ويمكن قراءة هذا الملحق باللغة الإنكليزية في:

http://www.relativitybook.com/resources/Einstein_space.html

ولأسباب تتعلّق بحقوق الملكية الفكرية، لم يُضَمُّ هذا الملحق إلى معظم طبعات الكتاب. وبإمكان القارئ الاطلاع على نقاشٍ أكثر تعمّقًا في الفصل الثاني من كتابي «الجاذبية الكَميّة»:

Quantum Gravity, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

٥ - كمّاتُ الزَّمَنِ

ثمة جرّة

من النبيذ المعتّق في المنزل

من قِطافٍ له تسعُ سنين

وفي الحديقة، يا فيليس،

غارٌ لتضفير الأكاليل

والكثيرُ من اللبلاب...

أدعوكِ للاحتفال

بهذا اليوم في منتصف أبريل

عيدٌ لي سعيدٌ بهيجٌ،

أعزُّ عليَّ من يوم مولدي. (IV, 11)

الصورة العامة الغريبة لفيزياء النسبية كما وصفتُها حتى الآن تصير أكثر غرابة حين نضع رهن اعتبارنا الكَمّات والصفات الكَميّة للمكان والزمن.

التخصّص الذي يدرس هذه يسمى «الجاذبية الكَميّة» quantum gravity، وهذا هو مجال بحثي أنا شخصيًّا(1). لم تظهر بعدُ نظرية للجاذبية الكَميّة تلقى قبولًا واسعًا من قِبَل المجتمع العلمي، أو تحظى بدعم تجريبي. وقد خصّصتُ شطراً كبيراً من حياتي العلمية للمساهمة في تركيب حلٍّ ممكن للمشكلة: الجاذبية الكَميّة الحلقية loop quantum gravity، أو نظرية الحلقات loop theory. لا يراهن الجميع على أن تُثبت الأيام هذه النظرية بوصفها الحل الصحيح. فالأصدقاء الذين يعملون على نظرية الأوتار string theory، على سبيل المثال، يسيرون على دروب مختلفة، والمعركة من أجل إثبات مَن الـمُصيب لا تزال

محتدمة. وهذا أمرٌ حسن - فالعلم يتطوّر بفضل المناقشات الحامية: آجلًا أم عاجلًا، سيتبين لنا أيُّ نظرية على صواب، وربما لن يكون علينا الانتظار طويلًا.

مع ذلك، فقد تراجعت حدّة الاختلافات في الآراء بخصوص طبيعة الزمن في السنوات القليلة الأخيرة، وأصبح الكثير من الاستنتاجات واضحًا لمعظم العلماء. ما اتضح هو أن السقّالة الزمنيّة المتبقّية من النسبيّة العامّة، الموضَّحة في الفصل السابق، تَسقط بدورها إذا وضعنا الكَمّات في الحسبان.

لقد تهشّم الزمن الكوني إلى عدد لا يُحصى من الأزمان الاعتيادية، مع ذلك ينبغي علينا، إذا وضعنا عامل الكمّات رهن الاعتبار، قبول فكرة أن كلًّا من تلك الأزمنة، بدوره، «يتذبذب» ويتبدّد مثلما تتبدّد السحابة - ويستطيع امتلاك قيمٍ معيّنة فحسب دون غيرها... لم تعُد تلك الأزمنة قادرةً على تشكيل تلك الصفيحة المكانية - الزمنية المبيّنة في الفصول السابقة.

الاكتشافات الثلاثة الأساسية التي قادتنا إليها ميكانيكا الكم هي التالية: التحبّب granularity، اللاحتميّة indeterminacy، والملمح النسبي للمتغيّرات الفيزيائية physical variables. وكل من هذه الاكتشافات يسهم في نسف المزيد من ذلك القَدْر القليل الذي تبقّى من فكرتنا عن الزمن. ودعونا نستعرضها واحدًا بعد آخر.

التحبّب

الزمن الذي تقيسه الساعة هو زمن «مُكمَّم» quantified، بمعنى أنه يكتسب قيمًا معيّنة دون غيرها. هكذا يبدو الزمن متحبّـبًا لا متصلًا.

التحبُّب هو أبرز الملامح المميِّزة لميكانيكا الكم، التي تستقي اسمها من «الكمّات» quanta، وهي حبيبات أوليّة. هناك مقياس أدنى لكل الظواهر(2). بالنسبة إلى المجال الجذبيّ، يسمى هذا «مقياس بلانك». وأصغر زمن يسمى «زمن بلانك». ويمكن حساب قيمته بسهولة عن طريق الجمع بين الثوابت constants التي تميّز الظواهر الخاضعة للنسبية، والجاذبية، وميكانيكا الكم (3). وهذه، معًا، تحدّد الزمن بدقة 10 - 44 ثانية: أي واحد على مائة مليون من

الترليون من الترليون من الترليون من الثانية. هذا هو زمن بلانك: عند هذا المستوى بالغ الضآلة، تصبح التأثيرات الكَميّة على الزمن واضحة جليّة.

زمن بلانك صغير، أصغر بكثير من أي زمن تستطيع قياسه أيُّ ساعة فعلية في يومنا هذا. إنه بالغ الصغر إلى حد لا يجعلنا نندهش حين نكتشف أن فكرة الزمن «هناك بالأسفل»، عند هذه القياسات المنمنَمة، لا تعود سارية. وما الذي يجعلها سارية؟ لا شيء يظلّ ساريًا دائمًا وفي كل مكان. عاجلًا أم آجلًا، دائمًا ما نقابل شيئًا جديدًا.

«تكميم» الزمن quantization يعني ضمنًا أن كل قِيَم الزمن t تقريبًا ليست موجودة. لو استطعنا قياس طول فترة زمنية ما باستخدام أدقّ الساعات التي يمكننا تخيّلها، لوجدنا أن الزمن المقاس لا يأخذ إلا قيَمًا خاصّة منقطعة. ليس من الممكن التفكير في الفترة الزمنية بوصفها متّصلة. ينبغي علينا التفكير فيها بوصفها متقطّعة: لا كشيء يتدفّق مترابطًا ولكن كشيء يتقافز بمعنًى من المعاني، مثل الكنغر، من قيمة إلى أخرى.

بعبارة أخرى، هناك طول أدنى للفترة الزمنية. تحته، لا وجود لفكرة الزمن - حتى بمعناه الأكثر أساسية.

ربما تكون أنهار المدِاد التي سالت في مناقشة طبيعة «المستمر» continuous عبر القرون، من أرسطو إلى هايدغر، قد ضاعت هباءً. فالاستمرارية ليست إلا تقنيَة رياضية لتقريب الأشياء المتحبِّبة تحبُّــبًا بالغ الدقة. العالم متقطِّع على نحو بالغ الدقة، ليس متسمِّرًا. والربّ لم يرسم العالم بخطوط متّصلة: بل رسمه منقَّطًا، بيد رشيقة، مثل سورا(********).

التحبُّب متغلغل في كل مناحي الطبيعة: الضوء مكوَّن من فوتونات، جسيمات الضوء. طاقة الإلكترونات في الذرّة تكتسب قيمًا معيّنة دون غيرها. الهواء الأكثر صفاءً حُبيبيٌّ، وكذا أكثر المواد كثافة. وفور أن نفهم أن المكان والزمن اللذين تحدّث عنهما نيوتن كيانان فيزيائيّان شأنهما شأن غيرهما، يصبح من الطبيعي أن نفترض أنهما حُبيبيَّان بدورهما. وتُبرهِن النظرية على هذه الفكرة: الجاذبية

الكَميّة الحلقيّة تتنبأ بأن القفزات الزمنية الأولية ضئيلة، لكنها متناهية finite.

فكرة أن الزمن يمكن أن يكون حُبيبيًّا، أن الفترات الزمنية تبلغ طولًا أدنى لا تقلّ عنه، ليست جديدة. لقد دافع عنها إيزيدور الإشبيلي في القرن السابع في كتابه «أصول الكلام» Etymologiae، ومن بعده، في القرن التالي، بِيدِي المبجَّل، في كتابه ذي الاسم الموحي: «في أقسام الزمن» De Divisionibus Temporum. وفي القرن الثاني عشر يكتب الفيلسوف العظيم موسى بن ميمون: «الزمن مكوَّن من ذرّات، أي من أجزاء عديدة لا تقبل المزيد من التقسيم، بسبب قِصر فترتها الزمنية»(4). ولعلّ الفكرة ترجع إلى أبعد من ذلك: إذ حَرَمَنا ضياع نصوص ديمقريطوس الأصليّة من معرفة إن كانت تلك الفكرة قد حضرت في المذهب الذري atomism اليوناني الكلاسيكي(5). إن الأفكار المجرّدة قادرة على أن تتنبأ بفرضيات تصير، بعد قرون، مفيدة - أو مبرهَنة - في البحث العلمي.

الشقيق المكاني لـ«زمن بلانك» هو «طول بلانك»: الحدّ الأدنى الذي تصبح فكرة الطول تحته غير ذات معنى. يبلغ طول بلانك نحو 10 - 33 سنتيمترٍ: واحد على مليون من المليار من المليار من المليار من المليمتر. في الجامعة، عندما كنت شابًّا يافعًا، وقعتُ في غرام السؤال المتعلّق بما يحدث عند هذا المقياس بالغ الصغر. أخذتُ ورقةً كبيرةً ورسمتُ عليها، في المنتصف، باللون الأحمر، هذا الرقم المتألق:



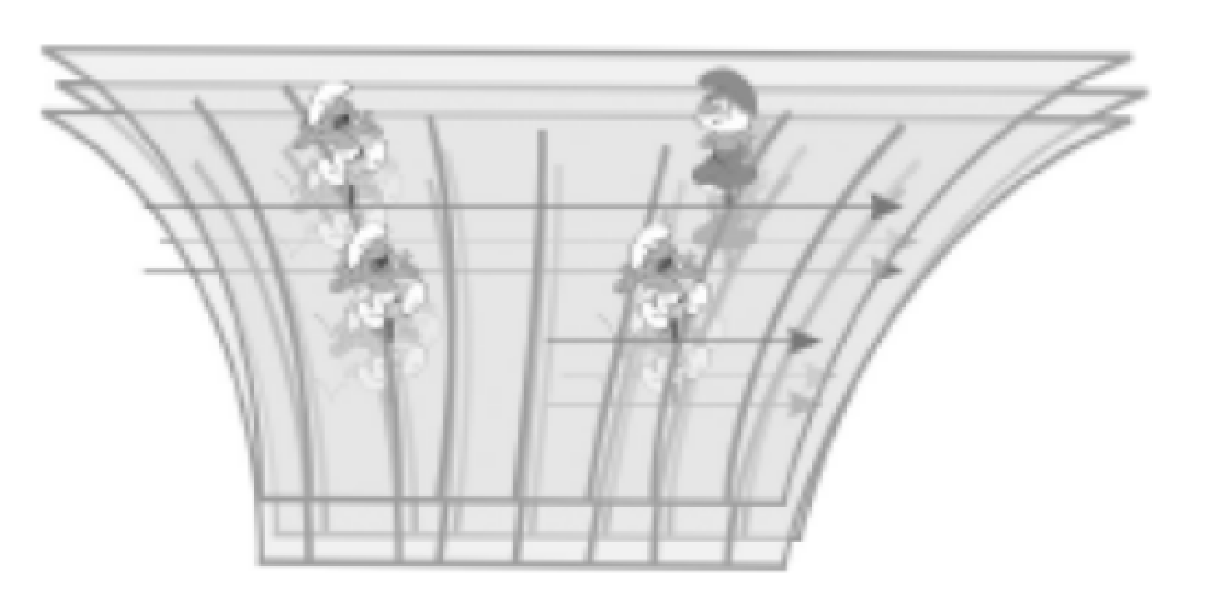
علّقتها في غرفتي في بولونيا وقرّرت أن أضع نصب عينيّ هدفًا: محاولة فَهم ما

يحدث هناك بالأسفل، عند هذا القياس بالغ الضآلة حيث لا يعود المكان والزمن كما هما - وعلى طول الطريق، وصولاً إلى الكمّات الأولية للمكان والزمن. ثم قضيتُ بقية حياتي فعلياً أحاول تحقيق هدفي ذاك.

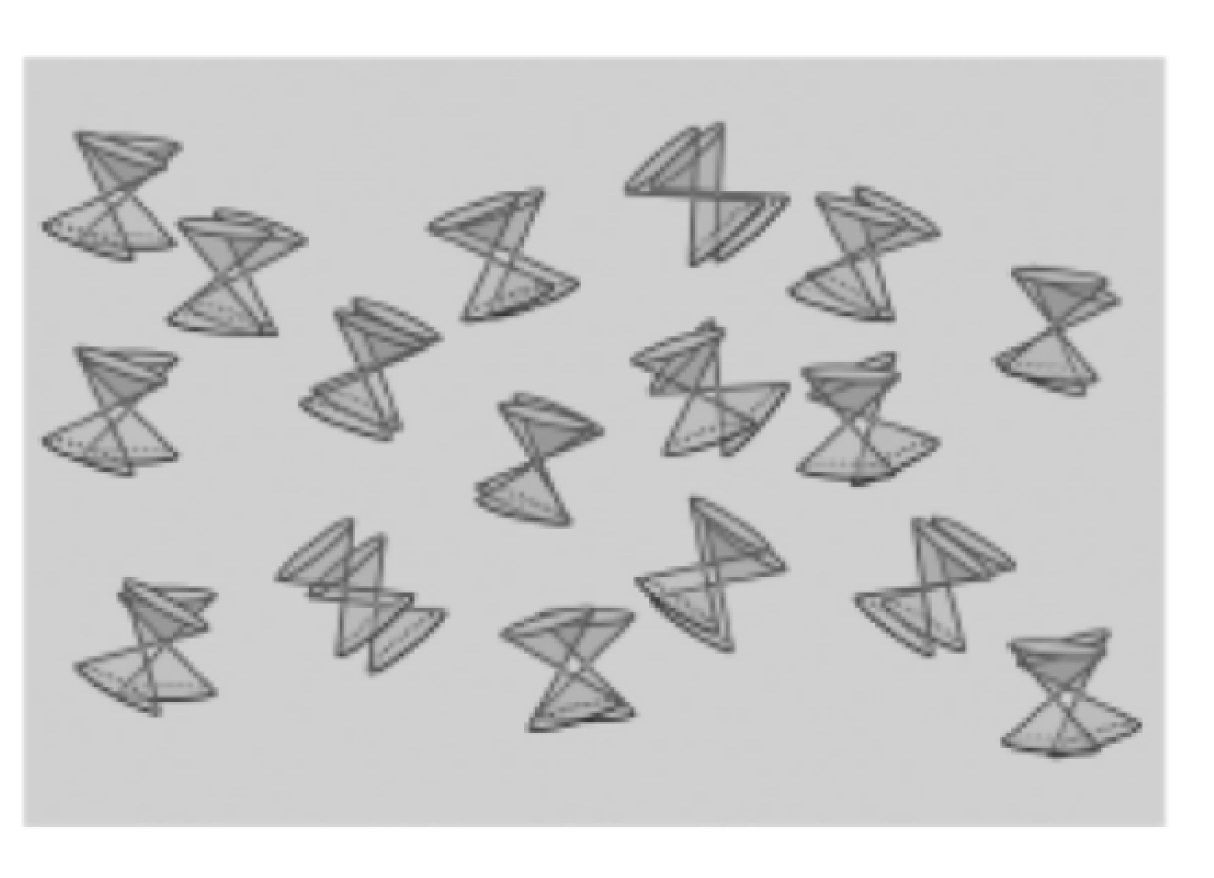
التراكبات الكمّية للأزْمِنة

الاكتشاف الثاني الذي توصّلت إليه ميكانيكا الكم هو اللاحتميّة. ليس من الممكن أن نتنبّأ على وجه التحديد، مثلاً، أين سيظهر إلكترون ما غداً. بين ظهور وآخر، لا يشغَل الإلكترون موضعاً محدّداً(6)، وكأنه يتبدّد في سحابة من الاحتمالات. بِرُطانة الفيزياء، نقول إنه في «تَراكُب للمواضع» superposition of positions.

الزمكان جسم مادّي شأنه شأن الإلكترون. هو الآخر يتذبذب. هو الآخر يمكن أن يكون في «تراكُب» لتشكيلات مختلفة. فمثلاً، إذا وضعنا ميكانيكا الكَمّ في الحسبان، يجب أن نتخيّل الرسم الإيضاحي للزمن الممطوط في نهاية الفصل الرابع، كتراكُبٍ مشوَّش لزمكانات مختلفة، يشبه، بدرجة أو بأخرى، الشكل الموضح بالأسفل:



بالمثل، تتذبذب بِنية المخروطات الضوئية عند كل النقاط التي تميِّز بين الماضي والحاضر والمستقبل:



وعلى ذلك، حتى التميز بين الحاضر والماضي والمستقبل يصبح متذبذباً، لا حتميًّا. ومثلما قد يتبدّد جسيمٌ ما في المكان، يمكن للفارق بين الماضي والمستقبل أن يتذبذب: يمكن للحدث أن يكون قبل وبعد حدث آخر في آنٍ واحد.

علاقات

لا يعني «التذبذب» Fluctuation أنّ ما يحدث لا يمكن تحديده على الإطلاق. بل يعني أنه لا يتحدّد إلا في لحظات بعينها، وبطريقة لا يمكن التنبؤ بها. وتُحسَم اللاحتميّة(********) عندما يتفاعل كيانٌ ما مع شيء آخر(********).

في التفاعل، يتجسّد الإلكترون عند نقطة معيّنة. على سبيل المثال، يصطدم بشاشة، فيلتقطه جهاز الكشف عن الجسيمات، أو يصطدم بفوتون - ومن ثم يكتسب موضعا ماديًّا.

لكنْ، ثمة وجه غريب لهذا التجسّد المادي للإلكترون: إذ لا يتخذ الإلكترون صورة مادية إلا عندما يكون في علاقة مع الأجسام الفيزيائية الأخرى التي

يتعامل معها. أما في ما يتعلّق بكل الأجسام الأخرى، فإن تأثير التفاعل يقتصر على نشر عدوى اللاحتميّة. لا يحدث التجسّد المادي إلا إبّان علاقة مع نظام فيزيائي: هذا، بحسب اعتقادي، هو الاكتشاف الأكثر جذرية الذي أوصلتنا إليه ميكانيكا الكم(********).

عندما يصطدم إلكترون بجسم ما - شاشة تلفزيون قديمة مزودة بأنبوب كاثود، على سبيل المثال - «تتقوّض» سحابة الاحتمالات التي تَصوَّرنا بها ذلك الإلكترون، ويتجسّد الإلكترون عند نقطة ما على الشاشة، منتجًا إحدى النقاط المنيرة التي تُسهم في صناعة صورة تلفزيونية. لكنّ ذلك لا يحدث إلا في علاقة مع الشاشة. ففي علاقة مع جسم آخر، يصير الإلكترون والشاشة معًا في تراكُبٍ للمواضع، وفقط في هذه اللحظة من التفاعل الإضافي مع جسم ثالث «تتقوّض» سحابة احتمالاتهما المشتركة وتتجسّد في تشكُّلٍ معيّنٍ - وهكذا دواليك.

من الصعب استيعاب فكرة أن الإلكترون يتصرّف بهذه الطريقة الغريبة العجيبة. ومن الأصعب هضم أن هذه هي أيضًا الطريقة التي يتصرّف بها الزمن والمكان. ومع ذلك، بحسب كل الأدلة، فهذه هي الطريقة التي يعمل بها العالم الكَمّي: العالم الذي نسكنه(********).

الركيزة المادية التي تُحدّد الفترة الزمنية والفواصل المادية - المجال الجذبيّ - لا تمتلك فقط ديناميكيّة تتأثّر بالكتل المجاورة؛ بل هي أيضًا كيانٌ كَمّي لا يَحوز قيمًا حتميّة إلى أن يتفاعل مع شيء آخر. وعندما يتفاعل مع شيء آخر، فإن الفترات الزمنية تكوّن حُبيبيّة وحتميّة بالنسبة إلى ذلك الشيء الذي تتفاعل معه فقط؛ بينما تبقى لا حتميّة بالنسبة إلى بقية الكون.

لقد تخلخل الزمن متحوّلًا إلى شبكة علاقات لم تَعُد متماسكة معًا مثل قماشةٍ من نسيج محكَم. صورة الزمكانات (بصيغة الجَمْع) المتذبذبة، المتراكب بعضها فوق البعض الآخر، المتجسّدة في أوقات بعينها إزاء أجسام معينة، تُقدّم لنا نظرةً شديدة الغموض. لكنها أفضل نظرة نستطيع من خلالها رؤية التحبُّب

الدقيق للعالم. إننا نُحملِق في عالم الجاذبية الكَميّة.

دعوني أعيد وأكرّر غطستنا الطويلة في الأعماق التي قمنا بها سويًّا في القسم الأول من هذا الكتاب. ليس هناك زمن واحد: هناك فترة زمنية مختلفة لكل مسار؛ والزمن يمر بإيقاعات مختلفة وفقًا للمكان ووفقًا للسرعة. إنه ليس اتجاهيًّا directional: الفارق بين الماضي والمستقبل ليس موجودًا في المعادلات الأولية للعالم؛ واتجاهه ليس إلا ملمحًا عارضًا يظهر عندما ننظر إلى الأشياء ونتجاهل التفاصيل. في هذه النظرة المشوَّشة، كان ماضي الكون في حالة «معيَّنة» على نحو غريب. فكرة «الحاضر» لا تصلح: في الكون الشاسع ما من شيء يمكن، منطقيًّا، أن نسمّيه «حاضرًا». والركيزة التي تحدّد الفترة الزمنية ليست كيانًا مستقلًّا، مختلفًا عن الكيانات الأخرى التي تُكوّن العالم؛ إنها ملمحٌ من مجال ديناميكي. إنها تقفز، وتتذبذب، وتتجسّد فقط عن طريق التفاعل، وعند درجة دُنيا معيّنة لا نجدَ لها أثرًا... لذا، بعد كل هذا، ما الذي تبقّى من الزمن؟

عليك أن تَدفن ساعةَ يدك في قبرٍ عُمقه ستّ قامات، عليك أن تحاول وتفهم،

فالزمن الذي يبدو أنها تقبضُ عليه ليس إلا حركة عقاربها...(8).

ولندخل الآن العالم الخالي من الزمن.

(********) سورا: جورج سورا، أحد رواد المدرسة التنقيطيّة في الفن التشكيلي. (المترجم).

(********) مبدأ «اللاحتمية»/«اللاتحدّدية»/«عدم اليقين»: ترجمات مختلفة لأحد أهم مبادئ نظرية الكمّ.

في قوانين الميكانيكا الكلاسيكية، عندما تَرصد حركة جسم ما، وتعرِف موضعه وسرعته الاتجاهيّة (والقوى المؤثّرة فيه)، تستطيع معرفة أين سيكون هذا الجِسم بعد لحظة زمنية معيّنة. وأنت تعرف ذلك بصورة **حتميّة ومحدّدة ويقينيّة**. لكنّ المبدأ نفسه، الذي يبدو بديهيًّا ومنطقيًّا، لا ينطبق على الجُسيمات المجهريّة بالغة الصغر، مثل الإلكترونات. هذا التعريف، بالرغم من

كونه مبسَّطًا على نحو مخلٍّ، ينبغي أن يظلّ في ذهن القارئ. وسوف يستفيض المؤلف في شرحه وتوضيح تبعاته في الفصول التالية. (المترجم)

(********) المصطلح التقني الخاصّ بالتفاعل المستخدم في هذا السياق، «قِياس» measure، هو مصطلح مضلِّل لأنه يبدو وكأنما يوحي بأن إنتاج الواقع يحتاج إلى عالِمِ فيزياء تجريبية في معطفٍ أبيض.

(********) أنا هنا أستغل التفسير النسبي لميكانيكا الكم (7)، وهو التفسير الذي أجده، أنا شخصيًّا، الأقل في لا معقوليّته. وتظل الملاحظات التي تلي ذلك، وخصوصًا ضياع الزمكان الكلاسيكي المستخدم في معادلات أينشتاين، غير سارية في كل تفسير آخر بحسب علمي.

(********) لعلّ القارئ يسمح لي بالتدخّل هنا، مرة أخرى، للتوكيد على مفهوم «تَراكُب المواضع» superposition، وهو أحد المفاهيم بالغة الأهمية والتعقيد في فيزياء الكَمّ. وربما كانت الترجمة العربية المتعارف عليها لهذا المصطلح قاصرة بعض الشيء. فبادئة super تدل على «التجاوز». وهذه سمة جوهرية لفهم طبيعة حركة الإلكترون (أو غيره من الجسيمات بالغة الصغر). هذا الإلكترون يكون في حالة «متجاوزة» للمواضع. أي إنه فعليًّا في مواضع احتماليّة مختلفة: (أ) أو (ب) أو (ج)... إلخ (ولا يستطيع الراصد أن يتنبّأ بالموضع الذي يتّخذه من بينها على وجه اليقين، وفقًا لمبدأ اللاحتميّة)، لكنه أيضًا في حالة «متجاوزة للمواضع»، أي إنه في «مستوى آخر» يعلو فوق هذه الحروف الأبجدية جميعًا. ولعلّ من المفيد للقارئ أن يتذكّر هذا كلّما قرأ مصطلح «تراكب المواضع». وهذا هو الأساس الذي يقوم عليه مبدأ «اللاحتميّة» الذي شرحناه في هامشنا السابق. (المترجم)

القسم الثاني العالمُ بلا زَمَنٍ

٦ - العالم مؤلَّفٌ من أحداث، لا من أشياء

يا سادة، زمنُ الحياةِ قصيرٌ [...]

ولَئن نعيش، فإننا نعيش لندعَس الملوك.

شكسبير، «هنري الرابع»، الجزء الأول

(الفصل الخامس، المشهد الثاني، 81، 85)

عندما حرّر روبسبيير فرنسا من الـمَلَكيّة، أصاب «النظام القديم» الأوروبي خوفٌ من دُنوّ نهاية الحضارة ذاتها. عندما يسعى الشباب إلى تحرير أنفسهم من نظام قديم للأشياء، يُصيب الكبار خوفٌ من انهيار كل شيء. لكن أوروبا استطاعت أن تنجو سليمة معافاة، حتى من دون «ملك فرنسا». والعالم سيواصل الدوران، حتى من دون «الزمن الملك».

مع ذلك، فثمة جانب من الزمن استطاع النجاة من معاول الهدم التي انهالت بها فيزياء القرنين التاسع عشر والعشرين عليه. فبعد، إذ تجرَّدَ من البهارج التي أسبغتها علي النظرية النيوتنيّة، والتي ألِفناها حتى صارت جزءًا لا يتجزأ من تفكيرنا، أصبح الآن يتلألأ ساطعًا بوضوحٍ أبهى وأعظم: العالم ليس إلا تغيرًّا.

لا تُشكِّك أيٌّ من السمات التي فقدها الزمن (الفَرَادة، الاتجاه، الاستقلال، الحاضر، الاستمرارية) في حقيقة كون العالم شبكة من لأحداث. فمن جانب، لدينا الزمن، بمحدِّداته العديدة؛ ومن جانب آخر، لدينا الحقيقة البسيطة أنّ لا شيء يكون: بالأحرى، الأشياء تحدث.

غياب مقدار «الزمن» في المعادلات الأساسية لا يعني ضمنًا عالـمًا متجمّدًا وغير متحرّك. على العكس، إنه يعني ضمنًا عالـمًا فيه التغيرٌّ متغلغلٌ في كل مكان، لا يخضع لأوامر «الزمن الأب»؛ ولا تتوزّع فيه لأحداث العديدة التي لا تُحصى، بالضرورة، على نحو مرتب ومنظم، أو على خط زمني نيوتنيّ واحد، أو وفقًا للهندسة الأينشتاينيّة الأنيقة. أحداث العالم لا تقف في طابور منتظم، مثل

الإنكليز، بل تتدافع في حشد فوضوي، مثل الطليان.

إنها أحداث، أَجَل: تغيرٌ، حدوث. هذا الحدوث متبدِّد، متشتِّت، غير منتظم. لكنه حدوث؛ إنه ليس ركوداً. الساعات التي تدور بسرعات مختلفة لا تؤشّر إلى زمن واحد، لكنّ العقارب في كل ساعة تتغير بالنسبة إلى بعضها البعض. المعادلات الأساسية لا تشتمل على متغيرٍّ للزمن، لكنها تشتمل على متغيِّرات تتغيرَّ في علاقتها ببعضها البعض. الزمن، كما قال أرسطو، هو قياس التغيرُّ؛ بالإمكان اختيار متغيِّرات مختلفة لقياس ذلك التغيرُّ، لكنَّ أيًّا منها لا يمتلك جميع السمات المميزة للزمن كما نعيشه. بيدَ أنّ ذلك لا يُبدِّل من حقيقة أن العالم في سيرورة لا تتوقّف من التغيرُّ.

تطوُّر العلم بأكمله يقترحُ أن المنطق الأفضل للتفكير في العالم هو التغيرُّ، لا الاستمرارية. هو الصيرورة(********) لا الكينونة.

نستطيع أن نفكر في العالم على أنه مؤلَّف من أشياء. من جواهر. من كيانات. من شيء كائن. أو نستطيع التفكير فيه على أنه مصنوع من أحداث. من وقائع. من سيرورات. من شيء يحدث. شيء لا يدوم، ويمرّ بتحوّل مستمر، ليس له ثباتٌ في الزمن. تدميرُ فكرة الزمن في الفيزياء الأساسية هو تقويضٌ للمنظور الأول من هذين المنظوريْن، لا للمنظور الثاني. إنه إدراكٌ لتغلغل اللاثبات، لا الركود في زمن لا يتحرّك.

التفكير في العالم بوصفه مجموعة من الأحداث، من السيرورات، هو الطريقة التي تسمح لنا بفهمٍ أفضل، واستيعابٍ أفضل، ووصفٍ أفضل لذلك العالم. إنها الطريقة الوحيدة المتوافقة مع النسبية. العالم ليس مجموعة من الأشياء، إنه مجموعة من الأحداث.

يكمن الفارق بين الأشياء والأحداث في أن الأشياء تبقى في الزمن؛ أما الأحداث فلها فترة زمنية محدّدة. الحجر «شيء» نموذجي أوَّلي؛ نستطيع أن نسأل أنفسنا أين سيكون غداً. أما القُبلة، على النقيض، فـ«حدثٌ». لا معنى لسؤالنا أين ستكون القُبلة غداً. العالم مؤلَّفٌ من شبكات من القُبلات، لا من الأحجار.

الوحدات الأساسية التي نستوعب العالم من خلالها ليست واقعة في نقطة محدّدة في المكان. إنها - لو كان لها وجود أصلًا - في الـأين والـمتى في آنٍ واحد. إنها محدَّدة مكانيًّا لكنها محدَّدة زمنيًّا أيضًا: إنها أحداث.

عند إنعام النظر، في حقيقة الأمر، نجد أن الأشياء، حتى التي نراها أشياءً بلا نزاع، ليست إلا أحداثًا طويلة. الحجر الأكثر صلابة، في ضوء ما تعلمناه من الكيمياء، ومن الفيزياء، ومن علم التعدين، ومن الجيولوجيا، ومن علم النفس، هو في الحقيقة تذبذبٌ معقّد من المجالات الكَميّة، تفاعلٌ لحظي بين مجموعة من القوى، سيرورةٌ تتمكّن لوهلة قصيرة من التشكّل بهيئتها، من التماسك في حالة من التوازن قبل أن تتفكّك ثانية إلى تراب، فصلٌ قصيرٌ في تاريخ التفاعلات بين عناصر الكوكب، أثرٌ متخلّفٌ من بني الإنسان في العصر الحجري، سلاحٌ استخدمته ثلّة من الأطفال، مثالٌ في كتاب عن الزمن، مَجازٌ عن الوجود، جزءٌ من تقسيم العالم، يعتمد على طريقة الإدراك التي صُمِّمَت بها أجسادنا أكثر مما يعتمد على الموضوع الذي نسعى لإدراكه - وتدريجيًّا، عقدةٌ متشابكةٌ في لعبة المرايا الكونيّة التي تُشكّل الواقع. العالم ليس مؤلّفًا من أحجار بقدر ما هو مؤلّفٌ من أصوات عابرة، من موجات تتحرّك عبر البحار.

مع ذلك، لو كان العالم مكوّنًا من أشياء، فأيّ أشياء ستكون؟ الذرّات، التي اكتشفنا أنها مصنوعة بدورها من جُسيْمات أصغر؟ الجُسيْمات الأولية، التي، كما اكتشفنا، ليست أكثر من شفراتٍ من لغة نستطيع أن نتحدّث بها عن التفاعلات والأحداث؟ لا يسعنا التفكير في العالم المادي وكأنه مصنوع من أشياء، من كيانات. الأمر ببساطة لا يصلح.

ما يصلح، عوضًا عن ذلك، هو أن نفكّر في العالم بوصفه شبكة من لأحداث. أحداث بسيطة، أحداث أكثر تعقيدًا يمكن تفكيكها إلى توليفات من الأحداث الأبسط. بعض الأمثلة: الحرب ليست شيئًا، إنها سلسلة من الأحداث. العاصفة ليست شيئًا، إنها مجموعة من الـمُجريات. السحابة فوق الجبل ليست شيئًا، إنها تكثُّفٌ للرطوبة في الهواء تدفعه الريحُ فوق الجبل. الموجة ليست شيئًا، إنها

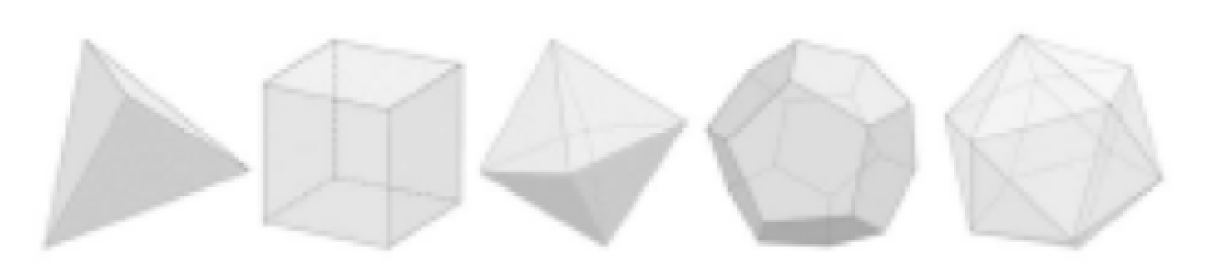
حركة للماء، والماء الذي يشكِّلها متغيرٌ دائماً. الأُسرة ليست شيئًا، إنها مجموعة من العلاقات، الـمُجريات، الأحاسيس. والإنسان؟ بالطبع ليس شيئًا؛ إنه، مثل السحابة فوق الجبل، سيرورةٌ معقدة يَدخلها ويَخرج منها الطعامُ، والمعلوماتُ، والضوءُ، والكلماتُ، وغير ذلك... عُقدة من العُقَد في شبكة من العلاقات الاجتماعية، في شبكة من السيرورات الكيميائية، في شبكة من المشاعر المتبادلة بينه وبين بني جنسه.

لزمن طويل، ظللنا نحاول فهم العالم من حيث هو جوهر أوَّلي ما. ولعلّ الفيزياء، أكثر من أي مجال معرفي آخر، قد سعت وراء هذا الجوهر الأوّلي. لكن كلما ازدادت دراستنا للعالم، بدا لنا أقلّ قابليّة للفهم كشيء كائن. وتبيّن أنه يصبح مفهومًا أكثر بكثير كعلاقات بين الأحداث.

كلمات أناكسيمندر المقتبَسة في الفصل الأول من هذا الكتاب دعتنا للتفكير في العالم «وفقًا لنظام الزمن». إذا لم نفترض قبليا **a priori** أننا نعرف ما هو نظام الزمن، بمعنى: إذا لم نفترض مسبقًا أنه نظامٌ خطّيٌّ وكونيٌّ اعتدنا عليه، تظلُّ وصية أناكسيمندر ساريةً: نحن نفهم العالم بدراسة التغيرُّ، لا بدراسة الأشياء.

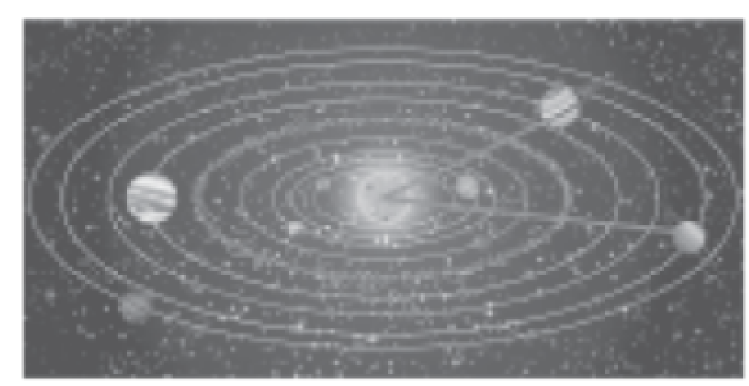
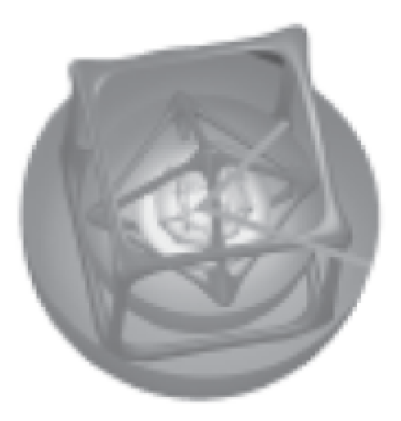
هؤلاء الذين تجاهلوا تلك النصيحة الغالية دفعوا ثمنًا باهظًا. من بين العظماء الذين سقطوا في هذا الخطأ أفلاطون وكبِلر، بعد إذ سقطا على نحو غريب في غواية الرياضيات نفسها.

في إحدى محاوراته، «طيماوس» Timaeus، يَخرج أفلاطون بفكرة ممتازة عن محاولة ترجمة الاستبصارات الفيزيائية المتحصِّلة من أصحاب المذهب الذرّي، مثل ديمقريطوس، إلى لغة الرياضيات. لكنه يسلك الدرب الخطأ: يحاول كتابة رياضيات شَكْل الذرات، بدلًا من رياضيات حركة الذرّات. يترك نفسه فريسة لفتنة المبرهَنة الرياضية التي تؤسّس لوجود خمسة - وخمسة فقط - من الأشكال المنتظمة متعدّدة السطوح:



ويحاول أن يطوّر الفرضية المتبجّحة القائلة إن تلك هي الأشكال الفعلية لذرّات الجواهر الأولية الخمسة التي ظن القدماء أنها تُشكّل كل شيء: التراب، والماء، والهواء، والنار، والجوهر الخامس الذي صُنعت منه السماء. فكرة جميلة. لكنها خاطئة بالجملة. يكمن الخطأ في السعي إلى فهم العالم كأشياء لا كأحداث. يكمن في تجاهل التغيُّر. أما علوم الفيزياء والفلك التي سوف تحقّق النجاح، من بطليموس إلى غاليليو، ومن نيوتن إلى شرودينغر، فسوف تكون مساعيَ رياضية تصف، تحديدًا، كيف تتغيّر الأشياء، لا كيف تكون. سوف تتناول الأحداث، لا الأشياء. ولن تُفهم أشكال الذرّات في نهاية المطاف إلا بحلول لمعادلات شرودنغر التي تصف كيف تتحرك الإلكترونات داخل الذرّات. الأحداث مرة أخرى، لا الأشياء.

بعد ذلك بقرون، وقبل أن يتوصّل إلى النتائج عظيمة الشأن التي أدركها في نُضجه، يقع كِبلر الشاب في الخطأ نفسه. يسأل نفسه ما الذي يُحدّد قياس مدارات الكواكب ويسمح لنفسه بأن يسقط في غواية المبرهَنة نفسها التي سحرَت أفلاطون (وهي مبرهَنة جميلة، لا شك في ذلك). يفترض كِبلر أن الأجسام المنتظمة متعدّدة السطوح تُحدّد قياس مدارات الكواكب: إذا وُضعت داخل بعضها البعض وبينها الأفلاك، فإن النسبة بين أنصاف أقطار تلك الأفلاك ستكون مماثلة للنسبة بين أنصاف أقطار الكواكب.

فكرة لطيفة، لكنها مضلّلة تمامًا. مرة أخرى، تفتقر إلى الديناميكا. عندما يمضي كِبلر قُدمًا، في وقت لاحق من حياته، لكي يتناول بالبحث سؤال كيف تتحرّك الكواكب، تنفتح أمامه أبواب السماء.

لذلك نَصفُ العالم وهو يحدث، لا وهو يكون. رياضيات نيوتن، ومعادلات ماكسويل، وميكانيكا الكمّ، وغيرها، تخبرنا جميعًا كيف تقع الأحداث، لا كيف تكون الأشياء. نحن نفهم البيولوجيا بدراسة كيف تتطوّر الكائنات الحيّة وتعيش. نفهم علم النفس (قليلًا منه فحسب) بدراسة كيف نتفاعل مع بعضنا البعض، كيف نُفكر... نفهم العالم في صيرورته، لا في كينونته.

«الأشياء» في حدّ ذاتها ليست إلا أحداثًا تكتسب رتابة لبرُهة من الزمن(1).

لكنها سرعان ما ترجع إلى التراب. لأنه عاجلًا أم آجلًا، بداهةً، كل شيء مرجِعُه إلى التراب.

هكذا، فإن غياب الزمن لا يعني أن كلَّ شيء متجمِّد لا يتحرّك. بل يعني أن الحدوث الدؤوب الذي لا ينقطع، الذي يُرهق العالم ويُضنيه، ليس منتظمًا على خط زمني، لا يُقاس بدقّات ساعة عملاقة. بل ولا يُشكِّل هندسة رباعية الأبعاد. إنه شبكة غير منتظمة من الأحداث الكَميّة لا يحدّها حد. العالم أشبه بنابولي منه بسنغافورة.

إذا كنا لا نقصد بـ«الزمن» إلا الحدوث، إذًا فكل شيء زمن. ولا وجود إلّا لما هو موجود في الزمن.

(********) في هذا النص، نُترجم process بـ«السيرورة»، التي تعني التغيرُّ من شيء إلى آخر، وهو ما يتحدّث عنه المؤلف هنا. لكنه من حينٍ إلى آخر يستخدم كلمة becoming، وتعني الحالة التي صار إليه شيءٌ ما، فنترجمها بـ«الصيرورة». (المترجم)

٧ - قُصُورُ القواعِدِ اللغويَّةِ

ذهبَ بياضُ الثلجِ -

وها هي الخضرةُ تَعود

في عُشبِ الحقولِ،

في تعاريشِ الأشجارِ،

وها هو نسيمُ الربيعِ العليلُ

يرجعُ إلينا من جَديد.

الزمنُ يدور،

والساعةُ العابرةُ التي تَسلِب الضوءَ

تأتينا برسالةٍ:

الخلودُ، بالنسبة إلينا، مستحيلٌ

فبعدَ كلِّ ريحٍ دافئةٍ

تأتي ريحٌ باردةٌ. (IV, 7)

عادة، نُطلق وصف «حقيقي» على الأشياء التي توجد الآن، في الحاضر. لا على الأشياء التي كانت موجودة من قبل، أو التي ستوجد في المستقبل. نقول إن الأشياء في الماضي أو المستقبل «كانت» حقيقية أو «ستكون» حقيقية، لكننا لا نقول «إنها» حقيقية.

ويطلق الفلاسفة مصطلح «الحاضريّة» presentism على فكرة أن الحاضر وحده هو الحقيقي، وأن الماضي والمستقبل ليسا حقيقيَّين - وأن الحقيقة تتطوّر من حاضرٍ إلى حاضرٍ آخر تالٍ.

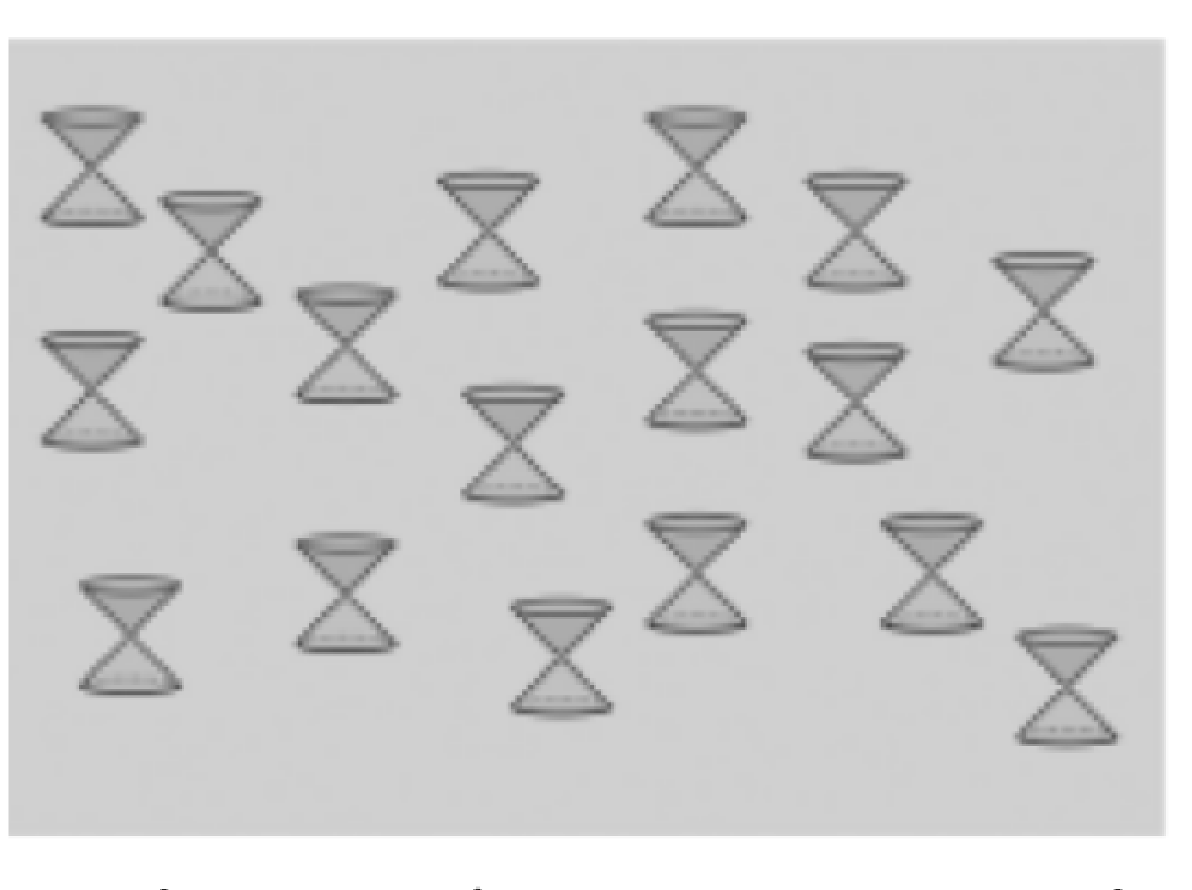
مع ذلك، لا تعود طريقة التفكير تلك ناجعة ما لم يكن «الحاضر» محدَّدًا ومتّفَقًا عليه عالـميًّا، إذا كان محدَّدًا في محيطنا فقط، وعلى نحو تقريبي. فإذا كان الحاضر البعيد عن هنا ليس محدَّدًا، فأيُّ شيء في الكون يستحق أن نسميه «حقيقيًّا»؟

الرسوم البيانية أمثال تلك التي رأيناها في الفصول السابقة تُصوِّر تطورًا كاملًا للزمكان في صورة واحدة: إنها لا تمثل زمنًا واحدًا وإنما كل الأزمنة معًا:

زمن n

⋮

زمن 3
زمن 2
زمن 1



إنه أشبه بتتابع من الصور الفوتوغرافية التي التُقطت لرجلٍ يجري، أو بكتابٍ يحتوي على قصة تتطوّر عبر سنوات عدّة. إنها رسومٌ تخطيطية تُصوِّر تاريخاً محتَملاً للعالم، لا واحدةً من حالاته اللحظية المفرَدة.

ويوضح الرسم البياني بالأسفل كيف كنا نرى البِنيَة الزمنيّة للعالم قبل أينشتاين. والخط السميك يشير إلى مجموعة الأحداث الحقيقية الآن، في أي لحظة زمنيّة:

زمن n

⋮

زمن 3
زمن 2
زمن 1

لكنّ الرسم البياني الثاني بالأعلى يُقدِّم بيانًا أفضل للبِنيَة الزمنية للعالم، وفيه لا نرى شيئًا يشبه الحاضر. لا وجودَ للحاضر. فما الحقيقي الآن، إذًا؟

تُظهر فيزياء القرن العشرين، بطريقة تبدو لي جليَّة لا لبسَ فيها، أن عالمنا لا يوصف جيّدًا بالحاضريّة: ما مِن وجود لحاضر عالمي موضوعي. جُلّ ما يمكننا الحديث عنه هو حاضر نسبيّ، ينتسب إلى راصدٍ متحرّك. لكن عندها يكون ما هو حقيقي بالنسبة إليّ مختلفًا عمّا هو حقيقي بالنسبة إليك، على الرغم من رغبتنا في استخدام مصطلح «حقيقي» - بمعنى موضوعي - بقدر الإمكان. بالتالي، لا ينبغي علينا التفكير في العالم بوصفه تتابعًا من الحاضرات presents(1).

فأيُّ بديل لدينا؟

يُطلق الفلاسفة مصطلح «الأبديّة» eternalism على فكرة أن التدفّق والتغيرُّ ليسا إلا وهمًا: الحاضر والماضي والمستقبل حقيقيّة بالقدر نفسه وموجودة بالقدر نفسه. الأبديّة هي فكرة أن الزمكان بأكمله، بحسب ما هو مبيَّن في الرسوم البيانية بالأعلى، يتواجد معًا بكلِّيته من دون أن يتغيرَّ أي شيء. لا شيء يتدفق حقيقة(2).

أولئك الذين يدافعون عن هذه الطريقة في النظر إلى الحقيقة - الأبديّة - كثيراً ما يستشهدون بأينشتاين، الذي يكتب في خطاب شهير:

أمثالنا ممّن يؤمنون بالفيزياء، يَعرفون أن التمييز بين الماضي والحاضر والمستقبل ليس إلا وهمًا لجوجًا عنيدًا(3).

وصار يُطلق على تلك الفكرة الكتلة الكونية block universe: فكرة أنه من الضروري التفكير في تاريخ الكون بوصفه كتلة واحدة، كتلة حقيقية بالقدر نفسه، وأن المرور من لحظة زمنية إلى التالية ليس إلا وهمًا.

إذًا، هل تلك النظرة - الأبديّة، الكتلة الكونية - هي الطريقة الوحيدة التي تبقّت أمامنا لإدراك العالم؟ هل ينبغي علينا أن نرى العالم حيث الماضي والحاضر

والمستقبل تشبه حاضرًا واحدًا، حيث توجد جميعًا بالطريقة ذاتها؟ إنّ لا شيء يتغيّر، وإنّ كل شيء ثابت لا يتحرّك؟ هل التغيرُّ ليس إلا وهمًا؟

لا، لا أظن ذلك حقًّا.

كونُنا لا نستطيع ترتيب الكون في سلسلة منتظمة من الأزمنة لا يعني أن لا شيء يتغيرَّ. إنه يعني أن التغيّرات ليست مرتّبة في تتابعٍ واحدٍ منتظم: البِنيَة الزمنية للعالم أكثر تعقيدًا من تتابعٍ خطيٍّ مفرَد للَّحظات. هذا لا يعني أن تلك البنية الزمنية غير موجودة أو وهميّة(4).

التمييز بين الماضي والحاضر والمستقبل ليس وهمًا. إنه البِنيَة الزمنية للعالم. بيدَ أنّ البِنيَة الزمنية للعالم ليست بِنيَة حاضريّة. العلاقات الزمنية بين الأحداث أكثر تعقيدًا مما كنا نظن، لكنّ ذلك لا يجعلها تكفُّ عن الوجود. علاقات البنوَّة لا تُرسي نظامًا عالميًّا، لكن ذلك لا يجعلها وهمًا. وإذا لم نكن جميعًا طابورًا واحدًا، فذلك لا يعني أنه ما من علاقة بين بعضنا والبعض. التغيرُّ، ما يحدث - هذا ليس وهمًا. جُلّ ما اكتشفناه هو أنه لا يسير وفقًا لنظامٍ عالمٍ(5).

دعونا نرجع إلى السؤال الذي بدأنا به: ما «الكائنُ حقيقةً»؟ ما «الموجودُ»؟

الإجابة هي أنه سؤال رديء الصياغة، يُعبرّ عن كل شيء ولا شيء. لأن الصِّفَة «حقيقيّ» صفةٌ غامضةٌ، ولها ألفُ معنى. وفِعل «يوجَد» له معانٍ أكثر وأكثر. إذا سُئلتَ: «هل توجد دمية تستطيل أنفُها عندما تكذب؟»، بإمكانك أن تجيب: «بالطبع توجد! إنها بينوكيو!»؛ أو «لا، لا وجود لدمية كهذه، إنها مجرّد فكرة من بنات أفكار كولودي».

كلتا الإجابتين صحيحةٌ، لأن كلًّا منهما تَستخدم معنًى مختلفًا لفعل «يوجَد».

لدينا استخداماتٌ لا تُحصى لهذا الفعل؛ طرقٌ مختلفة نقول بها إن شيئًا ما يوجَد: قانون، حَجَر، فكرة، حرب، شخصية في مسرحية، إله (أو آلهة) لدين لا ننتمي إليه، الربُّ في الدين الذي ننتمي إليه، الحُبُّ الكبير، الأعداد.. كل من هذه الكيانات «توجَد» وهي «حقيقية» بمعنًى مختلفٍ عن الأخرى. نستطيع أن نسأل

أنفسنا بأي معنًى من المعاني يوجد شيءٌ ما أو لا يوجد (بينوكيو يوجد بوصفه شخصية أدبية لكنك لن تجده في أي من مكاتب السِّجلّ المدني الإيطالية)، أو إن كان الشيء موجودًا بطريقة محدَّدة (هل هناك قاعدة موجودة تمنعك من «التبييت» في الشطرنج، إذا كنتَ قد سبق وحرّكتَ الرخّ؟). أن يسأل المرء نفسه عمومًا «ما الذي يوجد؟» أو «ما الحقيقي؟» لا يعني إلا السؤال: كيف تريد استخدام هذا الفعل وهذه الصفة(6). إنه سؤال نحوي، ليس سؤالًا عن الطبيعة.

أمّا الطبيعة، من جانبها، فهي ما هي - ونحن نكتشفها رويدًا رويدًا. إذا كانت قواعدنا اللغوية ليست جاهزة للتكيّف مع ما نكتشفه، للأسف إذًا: علينا أن نسعى إلى تكييفها.

القواعد اللغوية الخاصّة بالعديد من اللغات الحديثة تُصرِّف الأفعال في الزمن «الحاضر» و«الماضي» و«المستقبل». إنها ليست مهيّأة للحديث عن البِنيَة الزمنية الحقيقيّة للحقيقة، التي هي أكثر تعقيدًا. لقد تطوَّرَت القواعد اللغوية من خبرتنا المحدودة، قبل أن نعي افتقارها إلى الدقة في ما يتعلّق باستيعاب بِنيَة العالم الثرية.

ما يُربكنا إبّان سعينا لإضفاء المعنى على اكتشافنا أنه لا وجود لحاضرٍ كونيٍّ موضوعيٍّ، هو فقط أن قواعدنا اللغوية قائمة على تمييز مطلق - »ماضي/حاضر/مستقبل» - وهو تمييز ليس ملائمًا إلا على نحو جزئي فحسب، هنا في محيطنا المباشر. إن بِنيَة الحقيقة ليست هي البِنيَة التي تفترضُها قواعدُنا اللغوية مسبقًا. نحن نقول عن حدثٍ ما إنه «كائنٌ» أو «قد كانَ» أو «سوف يكونُ». ليس لدينا قواعد لغوية صالحة لنقول إن حدثًا ما «قد كانَ» بالنسبة إليّ لكنه «كائنٌ» بالنسبة إليك.

علينا ألّا نسمح لأنفسنا بالسقوط فريسةً للارتباك نتيجة لقصور قواعدنا اللغوية. ثمة نصٌّ من العالم القديم يشير إلى شكل الأرض الكروي على هذا النحو:

بالنسبة إلى من يقفون في الأسفل، الأشياء العلويّة سفليّة، بينما الأشياء السفليّة

علويّة... وتلك هي الحال في أرجاء الأرض كافة(7).

لدى القراءة الأولى، تبدو العبارة مبلبَلَة، تناقضًا في المصطلحات. فكيف يمكن أن تكون «الأشياء العلويّة سفليّة، بينما الأشياء السفليّة علويّة»؟ أمرٌ غير معقول. يشبه العبارة المشؤومة في مسرحية «ماكبث»: «الجمال قبحٌ والقبح جمالٌ». لكنْ إذا أعدنا قراءتها واضعين رهن اعتبارنا شكل وفيزياء الأرض، تصبح العبارة واضحة لا لبسَ فيها: إذ يقول مؤلّفها إنه بالنسبة إلى من يعيشون على سطح الجهة الأخرى من الكرة الأرضية (في أستراليا) فإن الاتجاه «نحو الأعلى» هو نفسه الاتجاه «نحو الأسفل» بالنسبة إلى من يعيشون في أوروبا. أي إنه يقول إن الاتجاه «العلوي» يتغيّر من مكان إلى آخر على سطح الأرض. ويَقصد أن ما هو أعلى بالنسبة إلى سيدني هو أسفل بالنسبة إلينا. يجاهد مؤلِّف هذا النص، المكتوب قبل ألفي عام، لتكييف لغته وحدسه مع اكتشافٍ جديد: إن الأرض كروية، وإن كلمتَيْ «أعلى» و«أسفل» تمتلكان معنًى يتغيّر بين هنا وهناك. إن المصطلحات لا تمتلك، كما كان يُظنُّ من قبل، معنًى واحدًا عامًّا وكونيًّا.

نحن في الموقف نفسه. نجاهد لتكييف لغتنا وحدسنا مع اكتشافٍ جديد: إن «الماضي» و«المستقبل» لا يمتلكان معنًى عامًّا وكونيًّا. بل بالأحرى، يمتلكان معنًى يتغيّر بين هنا وهناك. هذا كل ما في الأمر.

في العالم، ثمة تغيرٌ، وثمة بِنيَة زمنية من العلاقات بين الأحداث، ليست وهمية بأي حال من الأحوال. إنه ليس حدوثًا عالميًّا. إنه حدوثٌ محليّ ومعقّد وليس مطواعًا للتوصيف بمصطلحات نظامٍ عالميّ موحَّد.

وماذا عن عبارة أينشتاين «التميز بين الماضي والحاضر والمستقبل ليس إلا وهمًا لجوجًا عنيدًا»؟ ألَا يبدو أنها تقول إنه ظنَّ العكس؟ حتى وإن كان ذلك صحيحًا، فأنا لست متأكدًا أنه لمجرد كون أينشتاين قد سطّرَ عبارةً أو أخرى يصبح واجبًا علينا معاملتها بوصفها أقوالَ عرّافٍ متنبئ. لقد غيّرَ أينشتاين رأيه عدة مرات في مسائل أساسية، ومن الجائز أن نجد بين أقواله الكثير من العبارات الخاطئة التي تناقض بعضها البعض(8). لكن في هذا المثال، لعلّ

الأمور أبسط، أو لعلّها أعمق.

يصوغ أينشتاين هذه العبارة بعد وفاة صديقه ميشيل بيسو. كان ميشيل أعزَّ أصدقائه، رفيقَ تفكيره ونقاشاته منذ أيامه في جامعة زيورخ. والخطاب الذي يكتب فيه أينشتاين العبارة ليس موجّهًا إلى الفيزيائيين أو الفلاسفة. بل هو موجّهٌ إلى أسرة ميشيل، وتحديدًا إلى شقيقته. والجملة التي تسبقها تقول:

الآن وقد رحل [ميشيل] عن هذا العالم الغريب قبلي بقليل. فذلك لا يعني أي شيء...

إنه ليس خطابًا يبتغي الوعظ حول بنية العالم: بل خطابٌ كُتب لمواساة شقيقةٍ مكلومة. خطابٌ رقيقٌ، يُلمِح إلى رابطةٍ روحيّةٍ بين ميشيل وألبرت. خطابٌ يواجه فيه أينشتاين أيضًا معاناته هو ذاته لفقد صديق عمره؛ ويفكّر فيه، كما هو واضح، في موته الوشيك هو ذاته. خطاب عاطفي جدًّا، حيث الزيف واللاجدوى اللذان تنفطر لهما القلوب، هذان اللذان يُلمِح إليهما، لا يُحيلان إلى الزمن كما يفهمه الفيزيائيون. بل يَنشآن عن خبرة الحياة ذاتها. الحياة الهشّة، القصيرة، المليئة بالأوهام. إنها عبارة تتحدّث عن أشياء أعمق من الطبيعة الفيزيائية للزمن.

تُوافي أينشتاين المنيَّة يوم 18 أبريل عام 1955، بعد شهر وثلاثة أيام من وفاة صديقه.

٨ - الدِّيناميكيّة بوصْفِها علاقةً

آجلًا أم عاجلًا

سوف يُستأنف القياسُ الدقيقُ لزمننا -

ونصيرُ على السفينةِ التي تتجهُ

نحو أَمَرِّ الشطآن. (II, 9)

كيف يصِفُ المرء عالـمًا فيه كل شيء يحدث لكن ليس فيه متغيِّرٌ للزمن time variable؟ (********). ليس فيه زمنٌ مشترك ولا اتجاهٌ مفضَّل لحدوث التغيُّر؟

بأبسط الطرق، الطريقة ذاتها التي ظللنا نرى بها العالم إلى أن أقنعنا نيوتن جميعًا أن متغيِّر الزمن ضرورةٌ لا غنى عنها.

لوصف العالم، لا نحتاج إلى متغيرٍ للزمن. ما يلزمنا هو متغيِّرات تَصِفُ هذا العالم فعليًّا: مقادير نستطيع إدراكها، وملاحظتها، وقياسها في نهاية المطاف. طول الطريق، ارتفاع الشجرة، درجة حرارة الجَبين، وزن قطعة من الخبز، لون السماء، عدد النجوم في القبّة السماويّة، مرونة عود من الخيزران، سرعة قطار، ضغط يدٍ على كتف، الألم الناجم عن الفقد، موقع العقارب على ساعة، علوُّ الشمس في السماء... تلك هي المصطلحات التي نَصِفُ بها العالم. المقادير والصفات التي نراها تتغيرّ بلا انقطاع. في تلك التغيُّرات ثمة أنساق نظاميّة: الحجر يسقط أسرع من الريشة. الشمس والقمر يتعاقبان الدوران في السماء، ويمرّ أحدهما بالآخر مرة كل شهر... ونحن نرى بعضًا من تلك المقادير تتغيرَّ على نحو منتظم إزاء مقادير أخرى: عدد الأيام، أطوار القمر، علوّ السماء في الأفق، موضع عقارب الساعة. ومن المفيد توظيف تلك المقادير المتغيرّة كنقاطٍ مرجعيَّة: لنلتقي بعد ثلاثة أيام من البدر التالي، عندما تكون الشمس في ذروتها في السماء. سأراكَ غدًا، عندما تشير الساعة إلى 4:35. إذا وجدنا عددًا كافيا من المتغيِّرات التي تظلّ متزامنةً بقدر كافٍ مع بعضها البعض، يصبح من المناسب

استخدامها من أجل الحديث عن متى.

لا حاجةَ بنا وسط كلّ ذلك إلى أن نختار متغيراً مُفضَّلا ونطلق عليه «زمنًا». ما نحتاج إليه، إذا أردنا أن نتحدّث بلغة العلم، هو نظرية تخبرنا كيف تتغيرَّ المتغيِّرات في علاقة بعضها ببعض. بعبارة أخرى، كيف يتغيرَّ أحدُها عندما تتغيرّ الأخرى. النظرية الأساسية للعالم يجب أن تُشيَّد بهذه الطريقة؛ لا يلزمها متغيرٌّ للزمن: يلزمها أن تخبرنا فقط كيف تختلف الأشياء التي نراها في العالم في علاقة بعضها ببعض. بعبارة أخرى، ما هي العلاقات التي قد تكون بين تلك المتغيِّرات(1).

وتُصاغ المعادلات الأساسيّة للجاذبية الكَميّة بكفاءة على هذا النحو: إنها لا تشمل متغيراً للزمن، وتصف العالم عن طريق الإشارة إلى العلائق الممكنة بين مقادير المتغيرات(2).

في العام 1967 كُتبت معادلةٌ لحساب الجاذبية الكَميّة للمرة الأولى من دون أي متغيرٍّ للزمن. وقد اكتشف المعادلة فيزيائيّان أمريكيّان - برايس ديويت وجون ويلر - وتُعرف اليوم باسم معادلة ويلر - ديويت(3).

في البداية لم يفهم أحد أهمية معادلة لا تحتوي على متغيرٍّ للزمن، بما في ذلك - ربما - ويلر وديويت ذاتهما. (ويلر: «فسِّر الزمن؟ ليس قبل تفسير الوجود! فسِّر الوجود؟ ليس قبل تفسير الزمن! إماطة اللثام عن الصلة العميقة والخفيّة بين الزمن والوجود... تظل مهمَّة متروكة للأجيال التالية»)(4). نوقشت القضية بإسهاب شديد؛ عُقدت مؤتمرات، وأُجريت مناقشات، وسال الحبر مدرارًا(5). أظن بأن غبار المعركة قد انقشع الآن وأصبحت الأمور أكثر وضوحًا. ما مِن غموض في غياب الزمن عن المعادلات الأساسية للجاذبية الكَميّة. إنه مجرد نتاج لحقيقة أنه، من الناحية الجوهرية، لا وجودَ لمتغيرٍ خاصٍّ.

لا تَصِف النظرية كيفية تطوُّر الأشياء في الزمن. إنها تصفُ كيفية تغيرُّ الأشياء في علاقة بعضها ببعض(6)، كيفية حدوث الأشياء في العالم بعضُها نسبةً إلى بعض. هذا كل ما في الأمر.

لقد رحل برايس وجون عن عالمنا قبل بضع سنوات. وقد عرفتُهما وكنتُ أضمرُ لهما إعجابًا واحترامًا عظيمين. في مكتبي بجامعة مارسيليا أعلّق على الحائط خطابًا كتبه لي جون ويلر عندما عرف بأوّل أعمالي حول الجاذبية الكَميّة. وأنا أعيد قراءة هذا الخطاب، بين حين وآخر، بمزيج من الفخر والحنين. كنت أتمنى لو أنني طرحتُ عليه مزيدًا من الأسئلة، أثناء اللقاءات القليلة التي جمعتنا سويًّا. آخر مرة ذهبت لرؤيته في برنستون خرجنا سويًّا للقيام بنزهة طويلة على الأقدام. تحدّثَ معي بصوت خفيض لشيخٍ مسنّ. لم أتبين قدرًا كبيراً مما قاله لكنني لم أجرؤ على أن أطلب منه، مرة بعد أخرى، أن يكرّر كلامه. الآن لم يعُد معنا. ولم يعُد بمقدوري سؤاله، ولا إخباره بآرائي. لم يعد بمقدوري إخباره أن أفكاره تبدو لي صائبة، وأنها أرشدتني في مسيرتي البحثية التي استمرت عمراً كاملًا. لم يعد بمقدوري إخباره أنه كان أول من يقترب من صميم لغز الجاذبية الكَميّة. لأنه لم يعد هنا - هنا والآن. هذا هو الزمن بالنسبة إلينا. ذكرى وحنين. ألم الغياب.

لكنّ الغياب ليس هو ما يسبّب الأسى. إنه التعلّق والحب. من دون تعلّق، من دون حب، لن يمُثّل غيابٌ كهذا أيَّ ألم. لهذا السبب، حتى الألم الذي يسببه الغياب، في نهاية المطاف، شيء طيّب، بل وجميل، لأنه يتغذّى على ما يُعطي للحياة معنًى.

لقد التقيتُ برايس في لندن، في أول مرة ذهبتُ فيها سعيًا للقاء مجموعة تعمل على الجاذبية الكَميّة. كنت شابًا غريرًا، مفتونًا بهذا الموضوع الغامض الذي لم يكن أحد في إيطاليا يعمل عليه؛ وكان هو المعلّم الأكبر في هذا الموضوع. كنت قد ذهبت إلى الكلّية الإمبريالية في لندن لمقابلة كريس إيشام، وعندما وصلتُ قيل لي إنه في شرفة الطابق العلوي. عندما صعدتُ رأيتُ طاولةً صغيرةً تحلَّقَ حولها كريس إيشام وكاريل كوتشار وبرايس ديويت - الأساتذة الثلاثة الكبار الذين كنت قد درستُ أفكارهم في السنوات الأخيرة. أتذكّر بجلاء الانطباع القويّ الذي خامرني لدى رؤية ثلاثتهم من وراء الزجاج، يتناقشون بهدوء في ما بينهم. لم أجرؤ على مقاطعتهم. بدوا لي أشبه بثلاثة من كبار معلمي الـ«زنّ» يتبادلون

حقائقَ مستغلَقة لا تُسبر أغوارها وسط ابتسامات غامضة.

كانوا على الأرجح يُقرِّرون فحسب أين سيذهبون لتناول العشاء. والآن، حين أسترجع تلك الواقعة وأتأمل فيها، أُدرك أنهم في ذلك الوقت كانوا أصغر سنًّا مني الآن. هذا، أيضًا، زمن: تحوُّلٌ غريبٌ للمنظور. قُبيل وفاته، أجرى برايس مقابلة مطوَّلة في إيطاليا، نُشرت في ما بعد في كتيّب صغير(7). وعندها فقط عرفتُ أنه كان يتابع عملي عن كثب، وبتعاطفٍ أكثر مما بدا لي أثناء محادثاتنا، التي كان فيها ميالاً للانتقاد أكثر من التشجيع.

كان جون وبرايس أبويْن روحيَّيْن. كنتُ عطشانًا، ووجدت في أفكارهما مياهً عذبة نقية تروي عطشي. لذا، شكراً لك يا جون؛ شكراً لك يا برايس. إننا، نحن البشر، نعيش بالمشاعر والأفكار. نتبادلها عندما نكون في المكان نفسه وفي الوقت نفسه، نتحدّث بعضُنا مع بعض، ينظرُ بعضُنا في عيون بعض، نتقارب ونتلامس جلودنا. إننا نتغذّى على هذه الشبكة من المقابلات والتفاعلات. لكننا، في الحقيقة، لا نحتاج إلى أن نكون في المكان نفسه وفي الوقت نفسه لكي نتفاعل. فالأفكار والمشاعر التي تخلق روابط التعلُّق بيننا لا تجد صعوبة في عبور البحار والعقود، بل والقرون أحيانًا، حين تُخطُّ على أوراقٍ رفيعة، أو تتراقص بين الرقائق الدقيقة لأجهزة الحاسوب. إننا جزء من شبكة تتجاوز كثيراً تلك الأيام القليلة لحيواتنا والأمتار المربعة القليلة التي نقطعها. وهذا الكتاب، بدوره، جزءٌ من ذلك النسيج...

لكنني شططتُ وفقدتُ خيط أفكاري. لقد جعلني الحنينُ لجون وبرايس أنحرف عن مساري. خلاصة ما أردتُ قوله في هذا الفصل هو أنهما اكتشفا البِنيَة بالغة البساطة للمعادلة التي تصف ديناميكا العالم. إنها تصف الأحداث الممكنة والعلائق بينها، لا أكثر.

إنه شكل أوّلي من ميكانيكا العالم، ولا يحتاج إلى إدراج «الزمن». العالم بلا متغيرٍ للزمن ليس عالمًا معقدًا. إنه شبكة من الأحداث المتّصلة، حيث المتغيِّرات السارية تُراعي القواعد الاحتمالية التي نعرف، على نحو لا يُصدَّق،

كيف نكتب شطراً كبيراً منها. وهو عالم واضح، مفتوحٌ للريح ومليء بالجَمال مثل ذُرى الجبال؛ يشبه في جماله شفاه المراهقين المتشقِّقة.

الأحداث الكَمّيّة الأوّلية والشّبكاتُ المغِزليّةُ

معادلات الجاذبية الكمية الحَلَقيّة(8) التي أعمل عليها هي نسخة حديثة من نظرية ويلر وديويت. ولا يوجد متغيرٌ للزمن في تلك المعادلات.

في هذه النظرية، تَصِف المتغيراتُ variables المجالاتِ التي تُشكِّل المادّة، والفوتونات، والإلكترونات، وغيرها من مكونات الذرّات والمجال الجذبيّ - جميعها على المستوى نفسه. ونظرية الحلقات looptheory ليست «نظرية موحَّدة لكل الأشياء». وهي لا تزعم أنها النظرية النهائية للعلم. إنها نظرية مؤلَّفة من أجزاء محكَمة إنما متمايزة. إنها تسعى «فقط» لأن تقدّم وصفاً مُحكَماً للعالم كما نفهمه إلى الآن.

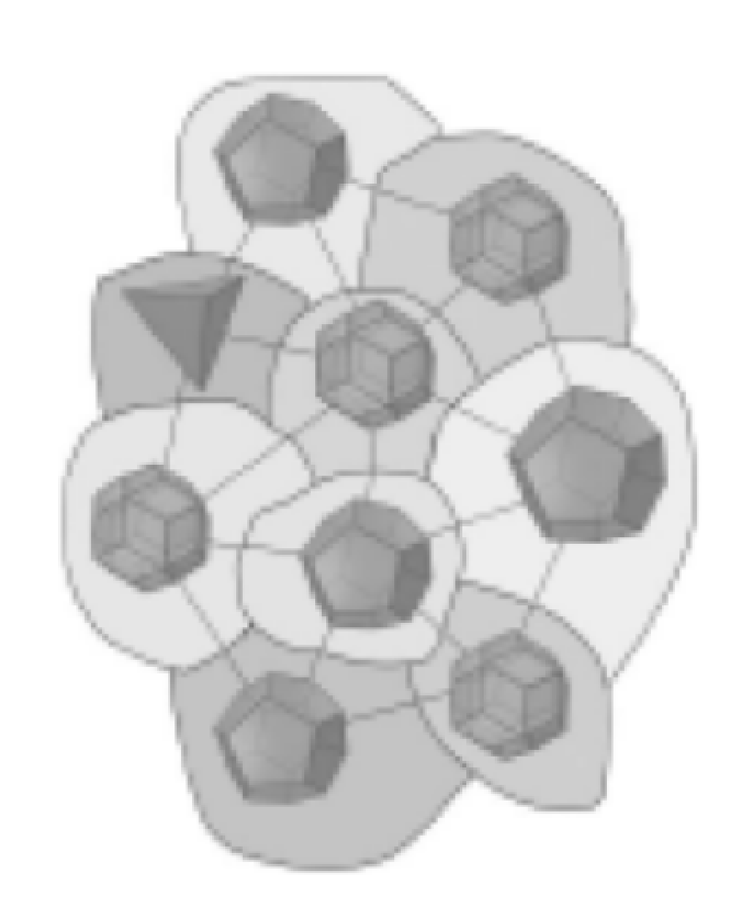
تُظهر المجالات نفسها في شكل متحبِّب: جُسيْمات أولية، وفوتونات، وكَمّات من الجاذبية - أو بالأحرى «كمّات من المكان». هذه الحُبيْبات الأولية لا تُوجد مغمورة في المكان. ومكانيّة العالم spatiality تتألف من شبكة تفاعلاتها. هذه الحُبيْبات الأولية لا تَسكن الزمن: إنها تتفاعل مع بعضها البعض لحظيًّا، ولا توجد فعليًّا إلا إزاء تلك التفاعلات اللحظية. وهذا التفاعل هو حدوث العالم: هو الشكل الأولي الأدنى للزمن الذي لا هو بالاتجاهيّ directional ولا هو بالخطيّ linear. ولا هو يمتلك الشكل الهندسي المنحني الأملس الذي دَرَسه أينشتاين. إنه تفاعلٌ متبادَل تُظهر فيها الكَمّاتُ أنفسَها في أثناء التفاعل، في علاقتها بالشيء الذي تتفاعل معه.

ديناميكا تلك التفاعلات ذات طابع احتمالي probabilistic. ويمكن، من حيث المبدأ، حساب احتمالات وقوع شيء ما - بالنظر إلى حدوث شيء آخر - من خلال معادلات هذه النظرية.

لا نستطيع أن نرسم خريطة كاملة، هندسة كاملة، لكل شيء يحدث في العالم،

لأن هذه الأحداث - بما في ذلك مرور الزمن - لا تُثار إلا بتفاعلٍ مع، وإزاء، نظامٍ فيزيائيٍّ مشتمَلٍ في التفاعل. العالم أشبه بمجموعة من وجهات النظر المترابطة. لا معنى للحديث عن العالم «المرئي من الخارج»، لأنه ما مِن «خارج» للعالم.

الكَمّات الأوّلية للمجال الجذبيّ توجد عند مقياس بلانك. إنها الحُبيْبات الأولية التي تَحبك النسيج المتحرّك الذي أعاد من خلاله أينشتاين تفسير مكان وزمن نيوتن المطلقَيْن. هذه الحُبيْبات، وتفاعلاتها، هي التي تحدّد امتداد المكان وطول الزمن.



تصوير لشبكة من الحُبيْبات الأولية للمكان

(أو شبكة مِغزليّة spin network)

علاقات الجوار المكاني تَربط حُبيْبات المكان في شبكات. نُطلق عليها «شبكات مِغزليّة» spin networks. وقد استقينا اسم «مِغزليّة» من الرياضيات التي تَصف حُبيْبات المكان(9). والدائرة في الشبكة المغزليّة تسمى حَلَقة loop، وتلك هي

الحلقات التي منحَت «نظرية الحلقات» اسمها.

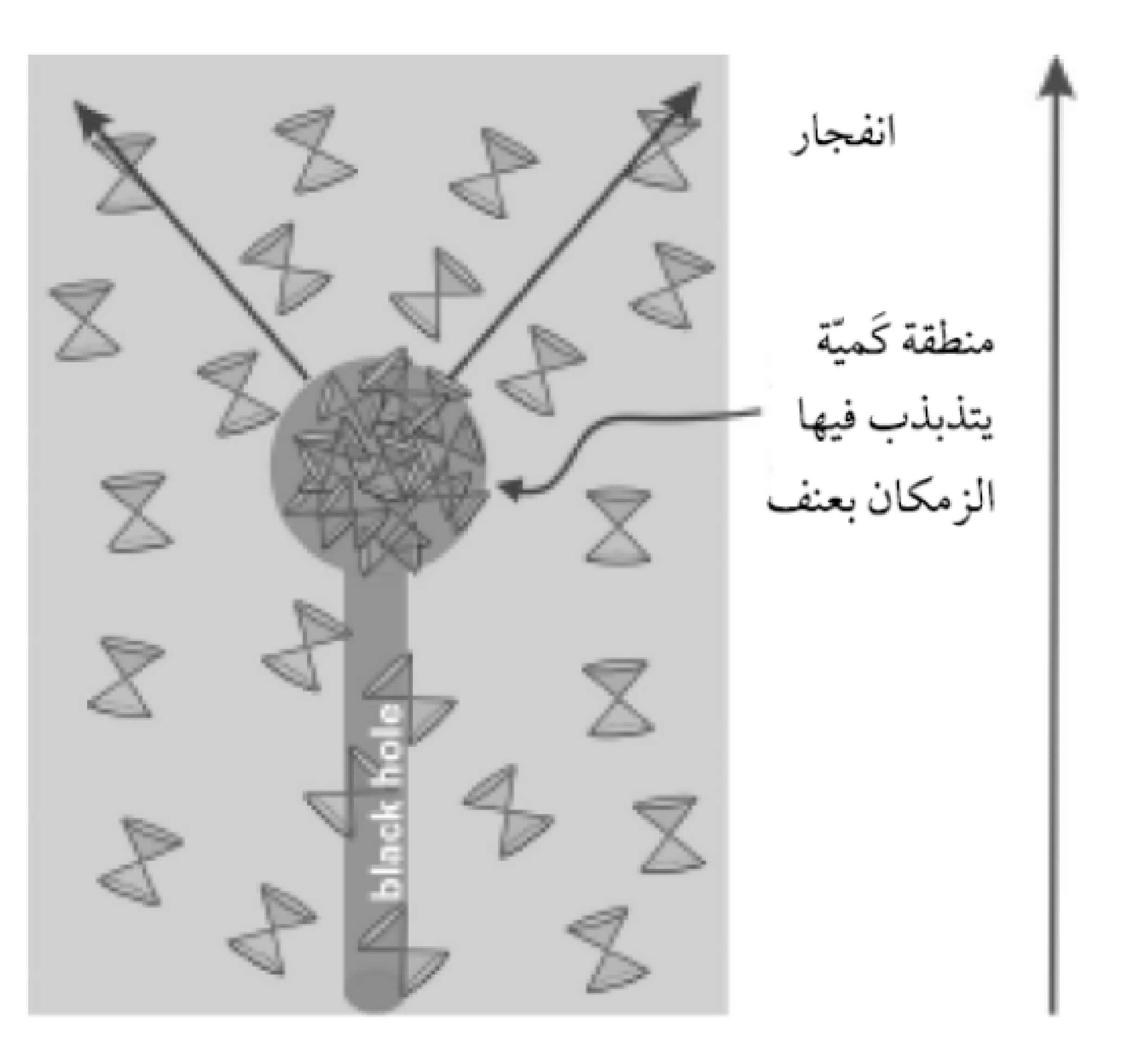
بدورها، تتحوّل الشبكات بعضها إلى بعض في قفزاتٍ مُنقطِعة، موصوفةٍ في النظرية كبُنى اسمها «الرغوة المغزليّة» (أو الزَّبَد المغزلي) spinfoam(10).

حدوث تلك القفزات يرسم الأنماط التي تَظهر لنا، على المقياس الكبير، أشبه ببِنية الزمكان الملساء. أما على المقياس الصغير، فإن النظرية تصف «زمكاناً كَمّيًّا» متذبذباً، واحتماليًّا، ومتقطّعًا. على هذا المقياس، ليس هناك إلا حشدٌ متدافع محموم من الكَمّات التي تظهر وتختفي.



تصوير للرغوة المغزليّة spinfoam

هذا هو العالم الذي أسعى يوميًّا إلى التصالح معه. عالم غير اعتيادي، لكنه ليس بغير معنًى. في مجموعتي البحثية في مارسيليا، على سبيل المثال، نحاول حساب الزمن الذي يحتاج إليه ثقبٌ أسود لكي ينفجر عندما يمرّ بطَوْرٍ كَمّي quantum phase.



أثناء هذا الطور الكَمّي، داخل الثقب الأسود وفي تخومه، لا يعود هناك زمكان مفرَد ومحدَّد. بل تراكُب مواضع كَمّي للشبكات المغزليّة. ومثلما يستطيع الإلكترون أن يتبدّى في سحابة من الاحتمالات بين اللحظة التي ينبعث فيها واللحظة التي يصل فيها إلى شاشةٍ ما، عبر أكثر من مسارٍ يَشُقُّ أكثر من مكان، هكذا يمضي زمكان الانهيار الكَمّي للثقب الأسود عبر طَوْرٍ يتذبذب فيه الزمنُ بعنف، حيث تراكُبُ مواضع كمّيٌّ لأزمنة مختلفة، ثم، لاحقًا، عودةٌ إلى حالة محدَّدة بعد الانفجار.

في هذا الطور الوسيط، حيث يكون الزمن لاحتميّ [غير محدد] بالكامل، لا نزال نملك معادلات تخبرنا بما يحدث. معادلات ليس فيها زمن.

هذا هو العالم الذي تَصِفه نظرية الحلقات.

هل أنا واثق أن هذا هو الوصف الصحيح للعالم؟ لا، لكنها الطريقة المحكَمة

والكاملة الوحيدة في يومنا هذا، بحسب علمي، للتفكير في بِنيَة الزمكان من دون تجاهل خصائصه الكَميّة. الجاذبية الكَميّة الحَلَقية توضّح أن بمقدورنا كتابة نظرية محكَمة من دون مكانٍ وزمنٍ أساسيَّيْن - وأنه بالإمكان استخدام تلك النظرية للقيام بتوقعات وَصْفيَّة qualitative.

في نظرية من هذا النوع، لا يعود المكان والزمن حاويتَيْن للعالم، أو شكلَيْن عموميَّيْن له. بل يصبحان مجرد تقريبات تقديرية لديناميكا كَميّة لا تعرفُ في ذاتها مكانًا ولا زمنًا. هناك أحداث وعلاقات ليس إلا. إنه عالم الفيزياء الأوَّلية خاليًا من الزمن.

(********) ليأذن لي القارئ بإيراد هذه الملاحظة المتعلّقة بالرياضيات الأساسيّة، فهي، على بساطتها، محورية لاستيعاب الأفكار التي يطرحها المؤلف.

في المعادلات الرياضية لدينا «متغيِّر» variable، أي عنصر ذو قيمة متغيّرة (مثلًا عندما نقول إن المسافة= السرعة مضروبة في الزمن، يكون لدينا «متغيِّران»، هما السرعة والزمن، كلما «تغيَّرت» قيمتهما تغيَّرت النتيجة النهائية للمعادلة؛ أي تغيَّرت المسافة).

لكنّ المعادلات تحتاج - أحيانًا - إلى «ثابت» constant، أي معامل رياضي ذي قيمة ثابتة (مثلًا نقول إن محيط الدائرة= قطرها مضروبًا في π (أو ط). حيث π قيمة رياضية ثابتة مقدارها $\frac{22}{7}$).

ويلفت المؤلِّف إلى غياب متغيِّر الزمن t من المعادلات الرياضية الأساسيّة للعالم. بعبارة أخرى: يمكننا التوصّل إلى الحسابات الفيزيائية الأساسية المتعلّقة بالكون من دون معرفة قيمة الزمن t، وهو الأمر الذي يشكّك في أهمية t (كما عرفناه) بالنسبة للكون من الأساس. (المترجم)

القسم الثالث مصادِرُ الزَّمَنِ

٩ - الزّمَنْ جَهْلٌ

لا تسألنَّ

عن مآلِ أيامي، أو أيامِك،

يا ليوكونووي -

إنه سرٌّ، خارج متناول أيدينا

ولا تُرهقنَّ نفسَك بحساباتٍ عويصةٍ. (I, 11)

للولادة زمن وللموت زمن. للبكاء زمن وللرقص زمن. للقتل زمن وللشفاء زمن. للهدم زمن وللبناء زمن(1). إلى الآن، كنا في زمنِ تدمير الزمن. الآن حان الزمن لإعادة بناء الزمن الذي نعيشه: للبحث عن مصادره، لفهم من أين يأتي(********).

إذا كانت كل المتغيِّرات variables، في الديناميكا الأولية للعالم، متساوية، فما هو الشيء الذي نسميه، نحن البشر، «زمنًا»؟ ما هو الشيء الذي تقيسُه ساعةُ يدي؟ ما هو الشيء الذي يجري دائمًا إلى الأمام، ولا يجري أبدًا إلى الخلف - ولماذا؟ ربما لا يكون جزءًا من القواعد اللغويّة الأوليّة للعالم، لكن ما هو؟

هناك أشياء كثيرة لا تشكّل جزءًا من القواعد اللغوية الأوليّة للعالم، ومع ذلك فهي «تنشأ» ببساطة بشكل ما. مثلًا:

- القِطُّ ليس جزءًا من المكوِّنات الأولية للكون. إنه شيءٌ معقَّد ينشأ، ويكرر نفسه، في أجزاء مختلفة من كوكبنا.

- مجموعة من الصِّبْية في ملعبٍ استعدادًا لمباراة. يُشكّلان فريقين. هكذا اعتدنا أن نفعلها: الاثنان الأكثر همّة وإقدامًا يتناوبان اختيار اللاعبين بحسب رغبتهما، بعد أن يقترعا بعملة معدنية لتحديد من يختار أولًا. في نهاية هذا

التدبير الوقور، يكون هناك فريقان. أين كان هذان الفريقان قبل اختيارهما؟ ليس في أيّ مكان. لقد نشأ عن هذا التدبير.

- من أين يأتي «المرتفِع» و«المنخفِض» - وهما مصطلحان مألوفان للغاية ومع ذلك ليس لهما وجود في المعادلات الأوليّة للعالم؟ من الأرض القريبة منا والتي تُعمل جاذبيتها. «المرتفِع» و«المنخفِض» ينشآن في ظروف معيّنة في الكون، كما هو الحال عندما نرى كتلةً كبيرةً بالقرب منّا.

- في الجبال، نرى واديًا مغطًّى ببحر من السحب البيضاء. يتألّق سطح السحب صافيًا وضّاءً. نشرع في السير باتجاه الوادي. يصبح الهواء أكثر رطوبة، ثم أقل صفاءً؛ لا تعود السماء زرقاء. نجد أنفسنا وسط ضباب. أين ذهب سطح السحب المحدَّد جيدًا؟ لقد اختفى. اختفاؤه تدريجي؛ ما مِن سطحٍ يفصل الضباب عن الهواء الشحيح في المرتفعات. أكان وهمًا؟ لا، كان نظرةً من بعيد. فكِّر في الأمر، هكذا الحال مع كل الأسطح. هذه الطاولة الرخامية الكثيفة ستبدو مثل ضباب إذا انكمشتُ وتضاءلتُ، إلى مقياسٍ ذرّيٍّ. كل شيء في العالم يصبح مُشوّشًا حين يُرى عن قرب. أين ينتهي الجبل تحديدًا وأين تبدأ السهول؟ أين تبدأ السافانا وتنتهي الصحراء؟ نحن نُقسِّم العالم إلى شرائح كبيرة. نفكر فيه وفقًا لتصوّرات ذات معنًى بالنسبة إلينا، تصوّرات تنشأ عند مقياس معيّن.

- نحن نرى السماء تدور حولنا كل يوم، لكننا نحن من يدور. هل المنظر اليومي للكون الدوّار ضربٌ من «الوهم»؟ لا، إنه حقيقي، لكنه لا يتضمّن الكون وحده. إنه يتضمّن علاقتنا بالشمس والنجوم. نفهمه حين نسأل أنفسنا كيف نتحرّك نحنُ. الحركة الكونية تنشأ من العلاقة بين الكون وأنفسنا.

في تلك الأمثلة، نجد شيئًا حقيقيًّا - قِطّ، فريق كرة قدم، ارتفاع وانخفاض، سَطح سُحُب، دوران الكون - ينشأ من عالمٍ ليس فيه، عند مستوى أكثر بساطة، لا قِطط، ولا فِرَق، ولا أعلى وأسفل، ولا أَسطح سحاب، ولا كَوْنٍ دوّار... الزمن ينشأ من عالمٍ ليس فيه زمن، على نحو فيه ملمَحٌ مشترك مع كلٍّ من تلك الأمثلة.

إعادة بناء الزمن تبدأ من هنا، في فصلَيْن صغيرَيْن - هذا الفصل والتالي - يتّسمان بالقصر واللغة التقنيّة. إذا وجدتهما ثقيلَيْن عويصَيْن، فوِّتهما وانتقل

مباشرة إلى الفصل الحادي عشر. من هناك، خطوةً بخطوة، سوف نصل تدريجيًّا إلى أشياء أكثر إنسانية.

الزَّمَنُ الحرارِيُّ

في حُمّ الاختلاط الجزيئي الحراري، نجد كل المتغيِّرات التي تستطيع تغيير قيمتها تفعل ذلك على نحو مستمر.

بيدَ أنّ واحدًا منها لا يُغيِّر قيمته: المقدار الإجمالي للطّاقة في أي نظام معزول. ثمة رابطة وثيقة بين الطاقة والزمن. إنهما يشكِّلان ثنائيًّا مميزاً من المقادير يُطلق عليه الفيزيائيون «تَرافُق» conjugate، مثل الموضع والزخم position and momentum، أو التوجيه والزخم الزاوي orientation and angular momentum. في كلٍّ من هذه الثنائيات، يرتبط المصطلحان معًا. فمن ناحية نجد أن معرفة ما قد تكون عليه طاقة نظام ما(2) - طريقة ارتباطه بالمتغيّرات الأخرى - تعني معرفة كيفية تدفّق الزّمن، لأن معادلات التطور في الزمن تُستمدّ من شكل طاقتها(3). ومن ناحية أخرى، فإن الطاقة تُحفَظ في الزمن، ومن ثم لا يمكن أن تتغيّر، حتى عندما يتغيّر شيء آخر. أيّ نظام(4)، في اضطرابه الحراري، يمرّ - فقط - عبر كل التشكّلات configurations التي لها الطاقة نفسها. هذه التشكّلات - التي لا تميّزها رؤيتنا الجهريَّة المشوَّشة - هي «حالة التوازن (الجهريَّة)»: كوب ساكن من الماء الساخن.

الطريقة المعتادة لتفسير العلاقة بين الزمن وحالة التوازن هي التفكير في أن الزمن شيء مُطلَق وموضوعي؛ الطاقة تَحكُم التطوّر الزّمني لنظام ما؛ والنظام المتوازن يَخلط كل التشكُّلات الخاصّة بالطاقة المتساوية. هكذا، يصبح المنطق التقليدي لتفسير هذه العلاقة هو:

الزَّمنُ ← الطّاقةُ ← حالة جهريّة**(5)**

بمعنى: لتحديد الحالة الجهريّة علينا أولًا أن نعرِف الطاقة، ولكي نُعرِّف الطاقة علينا أولًا أن نعرِف ما هو الزمن. بهذا المنطق، يأتي الزمن أولًا ويصبح مستقلًّا

عن البقية.

لكنْ، هناك طريقة أخرى للتفكير في العلاقة نفسها: عبر قراءتها بطريقة معكوسة. بمعنى: ملاحظة أن الحالة الجهريّة، أي الرؤية المشوَّشة للعالم، قد تفسَّر بوصفها اختلاطًا يَحفظ الطاقة، وهذا بدوره يُولِّد زمنًا. بمعنى:

حالة جهريّة ← طاقة ← زمن(6)

هذه الملاحظة تفتح المجال لمنظور جديد: في أي نظام فيزيائي أوَّلي خالٍ من أي متغيِّرات تفضيليّة تعمل بوصفها «زمنًا» - حيث كلّ المتغيّرات، فعليًّا، في المستوى نفسه لكننا لا نرصدها إلا بالرؤية المشوّشة التي تسمح بها الحالات الجهريّة - حالة جهريّة شاملة تُحدِّد زمنًا.

سأكرّر هذه النقطة، لأنها نقطة أساسية: الحالة الجهريّة macroscopic (التي تتجاهل التفاصيل) تختار متغيراً معينًا يحوز بعض سمات الزمن.

بعبارة أخرى: يصبح الزمن محدَّدًا، ببساطة، نتيجة للتشوُّش. وقد فهم بولتسمان أن سلوك الحرارة يتضمّن تشوشًا، إذ يحتوي كوب الماء على عدد لا يُحصى من المتغيرات المجهرية microscopic التي لا نراها. وعدد التشكّلات المجهريّة الممكنة للماء هو الإنتروبيا الخاصّة بالماء. لكنْ ثمة حقيقة أخرى: التشوّش نفسه يحدِّد متغيراً معينًا: الزمن.

في الفيزياء النسبية الأساسية، حيث لا متغيّر يلعب قَبْليًّا دور الزمن، نستطيع أن نعكس العلاقة بين الحالة الجهريّة وتطوّر الزمن: ليس تطوُّر الزمن هو ما يحدّد الحالة، بل الحالة - التشوّش - هي التي تحدّد زمنًا.

الزمن الذي تحدّده الحالة الجهرية، على هذا النحو، يسمى «الزمن الحراري» thermal time. فبأي معنًى يمكن أن نُطلق عليه زمنًا؟ من وجهة النظر المجهريّة، لا نجد فيه شيئًا مميزًا - إنه متغيرٌ مثل أي متغيرٍ. لكن من وجهة النظر الجهريّة، نجده يمتلك سمة حاسمة: بين ذلك العدد الكبير من المتغيِّرات في المستوى نفسه، الزمن الحراري هو المتغيرِّ الأقرب في سلوكه للمتغيرِّ الذي نُطلق عليه

اسم «الزمن»، لأن علاقاته بالحالات الجهريّة هي بالضبط تلك العلاقات التي نعرفها من الديناميكا الحرارية.

لكنه ليس زمنًا عامًا كونيًّا. بل تُحدّده الحالة الجهريّة، بمعنى، التشوّش، عن طريق قصورٍ في التوصيف. في الفصل التالي سوف أناقش أصل هذا التشوّش - لكن قبل ذلك دعونا نخطو خطوة أخرى عن طريق إدخال ميكانيكا الكمّ في حساباتنا.

الزَّمنُ الكمّيُّ

يُعَدّ روجر بِنروز أحد ألمع العلماء الذين ركّزوا على المكان والزمن(7). وقد انتهى إلى أن فيزياء النسبية ليست متعارضة مع خبرتنا بـتدفّق الزمن لكنها لا تبدو كافية لشرحه وتفسيره. واقترح أن العنصر المفقود قد يكون ما يحدث في التفاعلات الكَميّة(8). أما آلان كون، عالم الرياضيات الفرنسي العظيم، فقد بيّن الدور بالغ الأهمية الذي يلعبه التفاعل الكمّي عند منشأ الزمن.

عندما يحدث تفاعلٌ ما فيجعل موضعَ جزيءٍ ما محدداً، فإن حالة هذا الجزيء تتغيرّ. والأمر نفسه ينطبق على سرعته. إذا كان ما يتجسّد أولًا هو السرعة ثم الموضع، فإن حالة الجزئي تتغيرّ بطريقة مختلفة عمّا إذا كان ترتيب الحدثين معكوسًا. الترتيب مُهمٌّ. إذا عيّنتُ موضع إلكترون أولًا ثم قِستُ سرعته، فإن حالته تتغيرّ على نحو يختلف عمّا إذا قِست سرعته المتجهة أولًا ثم عيّنتُ موضعه.

هذا يسمى «لا تبادليّة» noncommutativity المتغيّرات الكَمِّية، لأن الموضع والسرعة «غير قابلَيْن للتبديل»، بمعنى، لا يمكن تغيير ترتيبهما والحصول على النتيجة نفسها. هذه اللاتبادليّة هي إحدى الظواهر المميزة لميكانيكا الكم. اللاتبادليّة تحدّد ترتيبًا، وتضع، بالتالي، بذرة زمنيّة في عملية حساب متغيّرَيْن فيزيائيّيْن. حساب المتغيرّ الفيزيائي ليس فعلًا منعزلًا؛ إنه يتضمّن تفاعلًا. ويتوقّف تأثير هذه التفاعلات على ترتيبها، وهذا الترتيب هو صورة بدائية

لترتيب الزمن(********).

ولعلّ هذه الحقيقة (أن ما تحدثه تلك التفاعلات من أثرٍ يتوقّف على الترتيب الذي تحدث به) تكمن في صميم الترتيب الزمني للعالم. هذه هي الفكرة المدهشة التي اقترحها كُون: المنشأ الأول للزمنيّة في التحوّلات الكَمّية الأوليَة يكمن في حقيقة كون هذه التفاعلات مرتَّبة (جزئيًّا) على نحو طبيعي.

قدّم كُون نسخةً رياضيةً منقَّحةً من هذه الفكرة: أوضح أن ثمّة نوعًا من التدفّق الزمني معرَّف ضمنًا في لا تبادليّة المتغيرات الفيزيائية. بسبب هذه اللاتبادلية، فإن مجموعة المتغيرات الفيزيائية في نظامٍ ما تُحدِّد بِنيَةً رياضيةً تُسمى «جبر فون نيومان اللاتبادلي» Noncommutative von Neumann algebra، وبيَّن كُون أن تلك البُنى تمتلك بداخلها تدفقًا معرَّفا ضمنًا(9).

المدهش أن ثمة صلةً وثيقةً بين التدفّق في النُظُم الكَمّيّة الذي تحدّث عنه آلان كُون والزمن الحراري الذي ناقشتُه بالأعلى. لقد أوضح كُون أن التدفّقات الحرارية التي تحدّدها حالات مجهرية مختلفة، في النظام الكمّي، تظلّ تتكافأ إلى أن تصل إلى تناظرات داخلية معينة(10)، وأنها تؤلِّف، معًا، تدفُّق كُون بالضبط(11).

ولكي نبسّط الأمور نقول: إن الزمن الذي تحدّده الحالات الجهريّة والزمن الذي تحدّده اللاتبادلية الكَميّة هما وجهان للظاهرة نفسها.

وهذا الزمن الحراري والكمّي، في ظني(12)، هو المتغيرّ الذي نُطلق عليه اسم «الزمن» في عالمنا الحقيقي، ذلك العالم الخالي من متغيرّ للزمن من الناحية الجوهرية.

اللاحتميّة الكَميّة المتأصّلة في الأشياء تُنتج تشوّشًا، مثل تشوّش بولتسمان، يضمن - بعكس ما بدا لنا من الفيزياء الكلاسيكية - الحفاظ على عالَمٍ لا يمكن التنبؤ به، حتى لو أمكننا قياس كل ما هو قابل للقياس.

المصدران المسؤولان عن التشوّش (اللاحتميّة الكَمّيّة، وحقيقة أن النُظم

الفيزيائية مكوَّنة من أعداد لا تحصى من الجزيئات) يقعان في صميم الزمن. الزمنيّة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالتشوّش. والتشوّش راجع إلى جهلنا بالتفاصيل المجهريّة للعالم. الزمن الفيزيائي ليس إلا تعبيراً عن جهلنا التام بالعالم. الزمنُ جهلٌ.

لقد ألَّف آلان كُون، برفقة اثنين من أصدقائه، رواية خيال علمي قصيرة. تشارلوت، البطلة، تتمكّن للحظة من حيازة معلومات كُليّة عن العالم، خالية من أي تشوّش. تتمكّن من «رؤية» العالم مباشرة، فيما وراء الزمن:

كنتُ قد وُهبت حظًّا لم يَسمع به أحدٌ من قبل، سَمحَ لي بنظرة عالميّة لكياني - ليس للحظة معينة، إنما لوجودي «ككل». كنتُ قادرة على مقارنة طبيعته المتناهية في المكان، التي لا يعترض عليها أحد، مع طبيعته المتناهية في الزمن، التي تُثير، على العكس، استهجانًا شديدًا واستياءً بالغًا.

ثم تَرجع إلى الزمن:

خامرني انطباعٌ بفقدان كل المعلومات اللانهائية التي ولّدها المشهد الكمّي، وهذا الفقدان كان كافيًا لأن يشدّني إلى داخل نهر الزمن بقوة لم أستطع منها فكاكًا.

ويولِّد فيها ذلك مشاعر زمنيّة:

عودة الزمن للظهور من جديد بدت لي أشبه باقتحام، مَبعَثٍ للارتباك العقلي، عذاب، خوف وانسلاخ(13).

صورتنا المشوّشة واللاحتميّة عن الحقيقة تُحدّد زمنًا حراريًّا متغيراً يتّضح أنه يتمتّع بسمات فريدة عجيبة تجعله يبدأ في التشابه مع ذلك الشيء الذي نُطلق عليه «الزمن»: إنه في العلاقة الصحيحة مع حالات التوازن.

الزمن الحراري مرتبط بالديناميكا الحرارية، ومن ثم بالحرارة، لكنه لا يشبه بَعدُ الزمن الذي نعيشه، لأنه لا يمُيز بين الماضي والمستقبل، وليس له اتجاه، ويفتقر

إلى ما نقصده عندما نتحدّث عن تدفّقه. لم نصل بعد إلى الزمن الذي نعرفه في حياتنا المعيشة.

إذًا، فمن أين يأتي الفارق بين الماضي والمستقبل؛ ذلك الفارق الذي يشكّل بالنسبة إلينا أهمية بالغة؟

(********) يلعب الكاتب على مَعنيَيْن مختلفيْن لكلمة time، نترجمهما في العربية بـ«وقت» و«زمن». لذا، يمكن للقارئ، أيضًا، أن يقرأ تلك الفقرة كالآتي: «للولادة وقتٌ وللموت وقتٌ... إلى الآن كنا في وقتِ تدمير الزمن. الآن حان الوقتُ لإعادة بناء الزمن». (المترجم)

(********) الترتيب ليس مهمًّا بين الأشياء التي يمكن تبديل مواضعها، لكن الأشياء «اللاتبادليّة» تحتاج إلى ترتيب، والترتيب يقتضي وجود «زمنٍ ما»، يجعل (أ) «يسبق» (ب). ولعلّ هذه هي «بذرة الزمنيّة» التي يطرحها الكاتب. (المترجم)

١٠ - المنظورُ

في ليلِ حِكمته البَهيم

يُحكِمِ الربُّ وِثاقَ

الأيّامِ المقبلةِ

ويَضحكُ

على ارتياعنا البشريّ. (III, 29)

بمقدورنا أن نعزو الفارق بين الماضي والمستقبل بأسره إلى شيء واحد: أن إنتروبيا العالم كانت منخفضة في الماضي(1). فلماذا كانت الإنتروبيا منخفضة في الماضي؟

في هذا الفصل سأطرح فكرةً تُقدّم إجابة محتملة، «إن سمعتَ إجابتي عن هذا السؤال وفرضيَّتها التي قد تكون متطرفة»(2). لستُ واثقًا أنها الإجابة الصحيحة، لكنها الإجابة التي وقعتُ في غرامها(3). وبإمكانها توضيح الكثير من الأمور.

نحنُ الذينَ ندورُ!

أيًّا كانت ماهيّتنا نحن البشر بالتحديد والتفصيل، فنحن قِطعٌ من الطبيعة، جزءٌ من جدارية الكون الهائلة، جزءٌ صغير بين أجزاء أخرى كثيرة.

بين أنفسنا وبقية العالم تفاعلات مادية. بداهةً، ليست كل متغيرات العالم تتفاعل معنا، أو مع شريحة العالم التي ننتمي إليها. بل شطرٌ بالغ الضآلة وحسب من تلك المتغيرات هو الذي يتفاعل معنا؛ في حين أن معظمها لا يتفاعل معنا على الإطلاق. إنها لا تنتبه إلينا، ونحن لا ننتبه إليها. لهذا السبب تبدو التشكُّلات المتمايزة للعالم متماثلةً في عيوننا. التفاعل المادي بيني وبين كوب ماء - قطعتين من العالم - مستقلٌ عن حركة جزيئات الماء المفرَدة. وبالمثل، التفاعل المادي بيني وبين مجرّة بعيدة - قطعتين من العالم - يتجاهل

ما يحدث هناك بالتفصيل. هكذا، فإن نظرتنا إلى العالم مشوّشة لأن التفاعلات المادية بين الجزء الذي ننتمي إليه من العالم وبين بقية العالم عمياء عن الكثير من المتغيّرات.

هذا التشوّش هو جوهر نظرية بولتسمان(4). من هذا التشوّش، يتولّد مفهوما الحرارة والإنتروبيا - وهما مفهومان مرتبطان بالظواهر التي تُحدد خصائص تدفّق الزمن. الإنتروبيا الخاصّة بنظامٍ ما تعتمد بصورة واضحة على التشوّش. تعتمد على ما أعجزُ عن تسجيله أو الانتباه إليه، لأنها تعتمد على عدد التشكّلات غير القابلة للتمييز. التشكُّل المجهري الواحد يمكن أن يكون ذا إنتروبيا عالية في تشوّشٍ معيّن وذا إنتروبيا منخفضة في تشوش آخر.

هذا لا يعني أن التشوّش تركيبٌ عقليّ؛ إنه يعتمد على تفاعلات ماديّة حقيقيّة وموجودة(5). الإنتروبيا ليست مقدارًا عشوائيًّا، أو ذاتيًّا. إنها مقدار نسبي، مثل السرعة.

سرعة جسم ما ليست سمة للجسم وحده: إنها سمة للجسم في علاقته بجسم آخر. سرعة الطفل الذي يجري في قطار متحرّك لها قيمة بالنسبة إلى القطار (بضع خطوات لكل ثانية) وقيمة مختلفة بالنسبة إلى الأرض (مائة كيلومتر في الساعة). إذا أمرَت الأمُ طفلها أن «يجلس ساكنًا!»، فهي لا تقصد أن عليهما القفز من النافذة للتوقّف بالنسبة إلى الأرض. بل تقصد أن على الطفل أن يتوقّف بالنسبة إلى القطار. السرعة سمة لجسم ما في علاقته بجسم آخر. إنها مقدار نسبي.

الأمر نفسه ينطبق على الإنتروبيا. إنتروبيا (أ) بالنسبة إلى (ب) تَحسِب عدد التشكّلات الخاصة بـ(أ) التي لا تميّز بينها التفاعلات الفيزيائية بين (أ) و(ب).

توضيح هذه النقطة، التي كثيراً ما تسبّب الارتباك، يفتح الباب أمام حلٍ فاتنٍ للغز سَهم الزمن.

إنتروبيا العالم لا تعتمد فقط على تشكُّل العالم؛ إنها تعتمد أيضًا على الطريقة

التي نُشوِّش بها العالم، وهذه الطريقة تعتمد على المتغيّرات التي نتفاعل نحن معها. بمعنى أنها تعتمد على المتغيّرات التي يتعامل معها الجزء الخاص بنا من العالم.

يبدو لنا أن إنتروبيا العالم في الماضي السحيق كانت شديدة الانخفاض. لكن هذا قد لا يعكس الحالة الفعلية للعالم: إنه قد يراعي المجموعة الفرعيَة من متغيِّرات العالم الذي نتفاعل نحن، بوصفنا نُظمًا فيزيائية، معه. لقد كانت إنتروبيا الكون منخفضة من وجهة نظر التشوُّش الدرامي الناتج عن تفاعلاتنا مع العالم، والذي تُسببه مجموعة صغيرة من المتغيرات الجهريّة التي نَصِف العالم من خلالها.

هذا الأمر، وهو حقيقة، يفتح الباب أمام إمكانية أن ما كان في تشكُّلٍ بالغ التعيين في الماضي ليس هو الكون. ربما، عوضًا عن ذلك، كان التعيين صفةً لنا نحن، ولتفاعلاتنا مع الكون. نحن الذين نقول عن وصفٍ جهريٍّ ما إنه مُعينّ. ربما تكون الإنتروبيا المنخفضة الأولية للكون، ومن ثم سهم الزمن، منسوبة إلينا أكثر مما هي منسوبة إلى الكون نفسه. هذه هي الفكرة الأساسية.

فكِّر في أعظم الظواهر وأكثرها وضوحًا: الدوران اليومي للسماء. إنها السمة الأكثر قربًا وروعة في الكون من حولنا: إنه يدور. لكن هل هذا الدوران حقًّا سمة مميزة للكون؟ هذا ليس صحيحًا. لقد استغرق منا الأمر آلاف السنين، بيدَ أنّنا استطعنا، في نهاية المطاف، أن نفهم دوران السماء: فَهِمنا أن من يدور هو نحن، لا الكون. دوران السماء ليس إلا أحد تأثيرات المنظور، ويرجع إلى الطريقة المعيّنة التي نتحرّك بها على الأرض، أكثر مما يرجع إلى سمة غامضة لديناميكا الكون.

شيء مشابه قد ينطبق على سهم الزمن. قد تكون الإنتروبيا الأولية المنخفضة ناجمة عن الطريقة المعيَّنة التي نتفاعل بها - أو تتفاعل بها النُظُم الفيزيائية التي نُشكِّل نحن جزءًا منها - مع هذا الكون. نحن مصمَّمون للتجاوب مع مجموعة فرعية بالغة التعيين من مظاهر الكون، وهذه المجموعة الفرعية هي التي تمتلك

اتجاهًا في الزمن.

ولكن، كيف يمكن لتفاعلٍ معينٍّ بيننا وبين بقية العالم أن يُحدِّد إنتروبيا أوليّة منخفضة.

الأمر بسيط. خذ مجموعة من اثنتي عشرة ورقة من أوراق اللعب، ستًّا حمراء وستًّا سوداء. رتِّبها بحيث تكون الأوراق الحمراء جميعها في المقدمة. اخلط مجموعة الأوراق قليلًا ثم انظر إلى الأوراق السوداء التي أصبحت وسط الأوراق الحمراء في المقدّمة. قبل الخلط، لم يكن هناك أيٌّ منها؛ بعد الخلط، أصبح هناك بعضها. هذا مثال قوي على تزايد الإنتروبيا. في بداية اللعبة، كان عدد الأوراق السوداء وسط الحمراء في النصف الأول من المجموعة صفرًا (الإنتروبيا منخفضة) لأن مجموعة الأوراق بدأت في تشكُّل خاصّ.

لكن دعنا الآن نلعب لعبة مختلفة. أولًا، اخلط مجموعة الأوراق بطريقة عشوائية، ثم انظر إلى أول ستّ أوراق واحفظها في ذاكرتك. اخلطها قليلًا ثم انظر لترى أيّ أوراق أخرى قد انتهت بين أول ستّ أوراق. في البداية، لم تكن هناك أي منها، ثم زاد عددها، كما حدث في المثال السابق، وزادت معها الإنتروبيا. لكنْ، هناك فارق حاسم بين هذا المثال والمثال السابق: في بداية هذا المثال، كانت الأوراق في تشكُّل عشوائي. وكنت أنتَ من جعلتَ هذا التشكُّل معيّنًا، عندما حفظتَ في ذاكرتك الأوراق التي كانت في النصف الأمامي من المجموعة في بداية اللعبة.

الطريقة نفسها تصدِق على إنتروبيا الكون: ربما لم يكن هناك تشكُّل معينّ. ربما كنا نحن من ننتمي إلى نظام فيزيائي معينّ يمكن أن تكون حالته معيَّنة بالنسبة إليه(********).

لكن لماذا ينبغي أن يكون هناك نظام فيزيائي كهذا، يصبح التشكُّل الأولي للكون مميزًا إزاءه؟ لأن الكون الشاسع يحوي عددًا لا يُحصى من النظم الفيزيائية، وهي تتفاعل في ما بينها بطرق لا نهائية. ووسط كل ذلك، عبر اللعبة اللامتناهية من الاحتمالات وبسبب هَوْل الأعداد، لا بدّ أن تتفاعل بعض تلك

النظم مع بقية الكون، وتحديدًا مع تلك المتغيّرات التي سبقَ وأن حازت قيمًا معيّنة في الماضي.

إن وجود مجموعات فرعية «مميَّزة» في كون شاسع مثل كوننا ليس بالأمر المفاجئ. ليس بالأمر المفاجئ أن يَربح شخصٌ ما اليانصيب: فثمة من يربحه كل أسبوع. ليس من البديهي أن نفترض أن الكون بأكمله ظلّ في حالة تشكّل «مميَّزة» على نحو مذهل في الماضي، بيدَ أنّ تخيُّل أن الكون به أجزاء «مميَّزة» لا يتناقض مع التفكير البديهي على الإطلاق.

إذا كانت مجموعةٌ فرعيةٌ من الكون مميَّزة بهذا المعنى، إذًا فبالنسبة إلى هذه المجموعة الفرعية تكون إنتروبيا الكون منخفضة في الماضي، وينطبق القانون الثاني للديناميكا الحرارية؛ تتواجد الذكريات، وتُترك الآثار - وينفتح الباب أمام التطوّر، والحياة، والفِكر.

بعبارة أخرى، إذا كان في الكون شيءٌ من هذا القبيل - وهي إمكانية تبدو لي بديهيّة - إذًا فنحن ننتمي إلى هذا الشيء. وأنا هنا أقصد بـ«نحن»: مجموعة المتغيّرات الفيزيائية التي نستطيع النفاذُ إليها عادة، والتي نصفُ الكون بواسطتها. هكذا، لعلّ تدفّق الزمن ليس سمة مميِّزة للكون مثل دوران السماء، وإنما هو نتاج المنظور المعيَّن الذي نرى به الكون من ذلك الركُن الذي نعيش فيه.

لكن لماذا ينبغي علينا نحن أن ننتمي إلى أحد هذه النُظم المميَّزة؟ للسبب نفسه الذي يجعل التفاح ينمو في شمال أوروبا، حيث يشرب الناس شراب التفاح، والعنب ينمو في الجنوب، حيث يشرب الناس النبيذ، أو للسبب الذي جعلني وُلدتُ وسط أناس تَصادَف أنهم يتحدّثون لغتي الأم؛ أو لكَوْن الشمس التي تُدفئنا تقع على المسافة المثلى منا - ليست أقرب مما ينبغي ولا أبعد. في كل تلك الحالات، تنشأ الصدفة «الغريبة» من الخلط بين العلاقات الاعتيادية: ليس الأمر هو أن التفاح ينمو حيث يشرب الناس شراب التفاح، بل يشرب الناس شراب التفاح حيث ينمو التفاح. فكِّر على هذا النحو ولن يعود أي شيء غريبًا في

الأمر.

على النحو نفسه، في التنوع اللانهائي للكون، قد يحدث وأن توجد نظمٌ فيزيائية تتفاعل مع بقية العالم عبر تلك المتغيّرات المعيّنة التي تقتضي إنتروبيا أوليّة منخفضة. إزاء تلك النظم، تزداد الإنتروبيا دائماً. هناك، وليس في مكان آخر، تتجلّى الظواهر النمطيّة المقترنة بتدفّق الزمن: الحياة ممكنة، ومعها التطوّر، والفِكر، ووعينا بمرور الزمن. هناك، ينمو التفاح الذي يُنتج شراب التفاح: الزمن. ذلك العصير الحلو حيث يمتزج الرحيق الإلهي مع عصارة الحياة.

الدلالة السياقيّة

عندما نتعامل مع العلم، فإننا نرغب في وصف العالَم بأكبر قدر ممكن من الموضوعية. نحاول إزالة التشوّهات والأوهام البصرية الناشئة عن وجهة نظرنا. العلم يطمح إلى الموضوعية، إلى وجهة نظر مشتركة حول ما يمكن تحقيق الاتفاق عليه.

أمرٌ مثير للإعجاب، لكن ينبغي علينا أن ننتبه إلى ما نفقده حين نتجاهل وجهة النظر التي نرصُد بها الأشياء. ينبغي على العلم، في سعيه المتلهّف إلى الموضوعية، ألا ينسى أن خبرتنا بالعالم تنشأ من الداخل. كل نظرة نلقيها على العالم تنبع من منظور معيّن.

وضعُ تلك الحقيقة رهن الاعتبار يساعدنا على توضيح الكثير من الأمور. فهو يوضح، على سبيل المثال، العلاقة بين ما تخبرنا به خريطةٌ جغرافيّةٌ ما وما نراه حقًّا. لكي نقارن الخريطة بما نراه، سيلزم علينا إضافة معلومة حاسمة: يجب علينا أن نحدِّد موقعنا على الخريطة بالضبط. الخريطة لا تعرف أين نحن، على الأقل عندما لا تكون مثبّتة في المكان الذي تُمثّله - مثل تلك الخرائط في القرى الجبلية التي توضح الطرق التي يمكن السير فيها، بنقطة حمراء يكتب بجانبها: «أنت هنا».

عبارة غريبة: كيف يمكن لخريطة أن تعرف أين نحن؟ ماذا لو كنا ننظر إليها من

بعيد، عبر منظار ميداني. لعلّها يجب أن تقول: «أنا، الخريطة، هنا»، ومعها سهم إلى جوار النقطة الحمراء. لكنْ، ثمة شيء غريب أيضًا في النصِّ الذي يُحيل إلى ذاته. فما هو؟

إنه ما يسمّيه الفلاسفة «الدلالة السياقية» indexicality، السمة المميِّزة لتلك الكلمات التي تدل على معنًى مختلف في كل مرة تُستخدم فيها، معنًى يتحدّد بأين تُنطق، وكيف، ومتى، وعلى لسان مَن. الكلمات مثل «هنا»، و«الآن»، و«أنا»، و«هذا» و«ليلتنا» جميعها تفترض معنًى مختلفًا بحسب مَن الذي يقولها والظروف التي تُقال فيها. «اسمي كارلو روفيللي»، عبارة تكون صحيحة إذا قلتُها أنا، لكنها لا تكون كذلك إذا قالها شخص آخر لا يحمل هو الآخر اسم كارولو روفيللي. «الآن، نحن في 12 سبتمبر عام 2016»، عبارة صحيحة في اللحظة التي أكتبها فيها لكنها ستكون خاطئة بعدها ببضع ساعات. هذه العبارات ذات الدلالة السياقية تُحيل بجلاء إلى حقيقة وجود وجهة نظر، وأن وجهة النظر جزء لا يتجزأ من العالَم المرصود الذي نصنعه.

إذا أسبغنا على العالَم وصفًا يتجاهل وجهة النظر، أي وصفًا «من الخارج» فقط - للمكان، للزمن، لموضوع ما - ربما نتمكن من قول أشياء كثيرة، لكننا نفقد بعض الجوانب الحاسمة من العالم. لأن العالَم الذي مُنح لنا عالَمٌ يُرى من الداخل، لا من الخارج.

لا يسعنا فهم الكثير من الأشياء التي نراها في العالم إلا إذا وضعنا في اعتبارنا الدور الذي تلعبه وجهة النظر. وتظل مبهمة إذا لم نضع ذلك في الاعتبار. في كل خبرة نعيشها، نكون واقعين داخل العالَم: داخل عقلٍ، دماغٍ، موضِعٍ في المكان، لحظةٍ في الزمن. وقوعنا في العالم أمرٌ جوهري لفهم خبرتنا بالزمن. ينبغي علينا، باختصار، ألا نخلط بين البُنى الزمنية التي تنتمي إلى العالم «كما يُرى من الخارج» ومظاهر العالم التي نلاحظها، والتي تعتمد على كوننا جزءًا منه، وعلى كوننا واقعين بداخله(6).

لكي نتمكّن من استخدام خريطة جغرافية، لا يكفي أن ننظر إليها من الخارج:

علينا أن نعرف مكاننا بالنسبة إلى ما تمثّله. ولكي نفهم خبرتنا بالمكان، لا يكفي أن نفكّر في المكان النيوتنيّ: علينا أن نتذكّر أننا نرى المكان من داخله، أننا متمركزون في وضعٍ محليٍّ. ولكي نفهم الزمن، لا يكفي أن نفكّر فيه من الخارج: يلزمنا أن نفهم أننا، في كل لحظة من خبرتنا، واقعين داخل الزمن.

إننا نرصد الكون من داخله، ونتفاعل مع شطرٍ بالغ الضآلة من متغيّرات الكون التي لا تحصى. ما نراه هو صورة مشوّشة. هذا التشوّش يوحي بأن ديناميكا الكون التي نتفاعل معها محكومة بالإنتروبيا، التي تقيس كمّية التشوّش. إنها تقيس شيئًا متعلّقًا بنا أكثر مما هو متعلّق بالكون.

ها نحن نقترب من أنفسنا على نحوٍ خطيرٍ. نستطيع سماع الكاهن تريزياس، في مسرحية «أوديب الملك»، وهو يقول: «قِف! وإلا عثرتَ على نفسك»... أو هيلدغارد من بينغن، التي تسعى، في القرن الثاني عشر، إلى المطلَق، وتنتهي بوضع «الإنسان العالمي» Universal man في مركز الكون.



الإنسان العالمي في مركز الكون، في «كتاب الأعمال الإلهية» Liber Divinorum Operum (1164 - 1170)، لهيلدغارد من بينغن.

لكن، قبل أن نصل إلى هذا الـ«نحنُ»، يلزمنا فصلٌ آخر، لتوضيح كيف يمكن لزيادة الإنتروبيا - التي قد لا تكون إلا أثراً من آثار المنظور - أن تُنتج ظاهرة الزمن الهائلة بأكملها.

دعوني ألخّص الأرض الصلبة التي سرنا عليها في الفصلين الأخيرين، آملاً ألا أكون قد فقدتُ قرّائي كلّهم بالفعل. على المستوى الجوهري، العالم مؤلّفٌ من

أحداث ليست مرتَّبة في الزمن. هذه الأحداث تُبيِّن علاقات بين المتغيّرات الفيزيائية التي هي، قبليًّا، على المستوى نفسه. كل جزء من العالم يتفاعل مع جزء صغير من جميع المتغيّرات، ومقدار هذا الجزء يُحدد «حالة العالم إزاء ذلك النظام الفرعي المعيّن».

النظام الصغير S لا يميّز تفاصيل بقية الكون، لأنه لا يتفاعل إلا مع عدد قليل مـن متغيّرات بقيـة الكـون. إنتروبيـا الكـون بالنسبة إلـى S تُحصي الحـالات (المجهريّة) للكون التي لا يستطيع S تمييزها. ويتبدّى الكون في تشكُّل إنتروبي مرتفع بالنسبة إلى S، بسبب وجود عدد أكبر من الحالات المجهرية في التشكّلات عالية الإنتروبيا (بحكم التعريف)، ومن ثم فالأرجح أن يتصادَف وجود الكون في إحدى تلك الحالات المجهريّة.

كما شرحنا بالأعلى، ثمة تدفّق مقترن بالتشكُّلات عالية الإنتروبيا ومُعامِل هذا التدفق هو الزمن الحراري. بالنسبة إلى أي نظام إجمالي صغير S، تظلّ الإنتروبيا عالية عمومًا على امتداد تدفّق الزمن الحراري بأكمله، ربما تتذبذب إلى أعلى وأسفل قليلًا فحسب، لأننا، في نهاية المطاف، نتعامل هنا مع احتمالات، لا مع قواعد ثابتة.

لكن من بين النظم الصغيرة S التي لا تُحصى الموجودة في ذلك الكون الشاسع الذي يتصادف وأننا نعيش فيه، سيظهر عدد قليل من النُظم الخاصّة التي يتصادف وأن تكون تقلّبات الإنتروبيا فيها منخفضة عند إحدى نهايتي تدفق الزمن الحراري. التقلّبات في تلك النظم S ليست متناظرة: الإنتروبيا ترتفع. وهذا الارتفاع هو ما ندركه كتدفّق للزمن. والخصوصية هنا ليست في حالة الكون في بواكيره، وإنما في النظام الصغير S الذي ننتمي إليه.

لست متأكدًا إن كنا أمام قِصة معقولة ووجيهة، لكنني لا أعرف أيَّ قِصة أخرى. البديل هو قبول حقيقة أن الإنتروبيا كانت منخفضة في بداية الكون، بوصفها معطًى من معطيات الملاحظة، وتَرْك الأمور عند ذلك الحد(7).

القانون الذي أعلنه كلاوزيوس، $\Delta S \geq 0$، والذي فكّ بولتسمان طلاسمه، هو

المرشد لنا في سبيلنا: الإنتروبيا لا تقلّ أبدًا. وبعد إذ غَفَلنا عن تلك الحقيقة، إبّان بحثنا عن قوانين عمومية للعالم، ها نحن نعيد اكتشافها بوصفها نتيجة منظوريّة محتملَة لأجل نُظمٍ فرعيّة معيّنة. ولنبدأ مجدّدًا من هناك.

.

(********) ما يقصده المؤلف هنا وفي الفقرات التالية، وقد يضيع في الترجمة، أو يسقط بين الضمائر، أو يراوغ وسط تشابه المفردات، هو الآتي: ربما يكون النظام الفيزيائي الذي ننتمي نحنُ إليه (والذي لا يشكّل إلا جزءًا صغيراً من الكون الشاسع) هو المعيّن بالنسبة إلى ذاته (ونحن جزء من ذاته)، وبالتالي فهو معيَّن بالنسبة إلينا، من دون أن يكون معيّنًا بالنسبة إلى الكون، أو معيَّنًا بصورة مطلقة. على جانب آخر، فكوننا محصورين داخل هذا النظام الفيزيائي (الذي لا يشكّل إلا جزءًا صغيراً من الكون الشاسع) نتصور أن الكون كلّه كان معيّنًا في الماضي (كما اعتبرنا أن ترتيب الأوراق كان معيّنًا، مع أن جزءًا منها فقط كان هو المعيّن، بينما الجزء الآخر عشوائي، حيث إن التعينُّ لا يقتضي بالضرورة تعينُّ «كل الأوراق» وإنما «جزء منها فحسب»). بعبارة أخرى، إذا كان «جزء من الكون» معيّنًا في الماضي، إذًا فقد كان «الكون» معيّنًا في الماضي، ومن ثم فقد كانت «الإنتروبيا» (التي تتناسب عكسيًّا مع التعينُّ) منخفضة في الماضي. (المترجم)

١١ - ما الّذي ينشأُ عنِ التعينُّ

لماذا تُشبِّك الصنَوْبَرة السامقة

وشجرة الحور الشاحبة

فروعهما

فتوفّران لنا هذا الظلَّ الجميل؟

لماذا تختلقُ المياهُ السريعةُ الخاطفةُ

دوّاماتٍ متلألئةٍ

في النهرِ الهائجِ؟ (II, 9).

ما يُسيرِّ العالم ليس الطاقة وإنما الإنتروبيا

في المدرسة، قيل لي إن الطاقة هي التي تجعل العالم يدور. يلزمنا أن نحصل على طاقة، من النفط مثلًا، أو من الشمس، أو من مصادر نووية. الطاقة تشغّل محركاتنا، وتساعد النباتات على النمو، وتجعلنا نستيقظ كل صباح وكلّنا نشاط وحيوية.

لكنْ، ثمة شيء لا يبدو منسجمًا هنا. الطاقة - كما قيل لي في المدرسة - مُصانَة. إنها لا تُخلق ولا تَفنى. فإذا كانت مُصانة، لماذا ينبغي علينا أن نعيد إمدادها دائمًا؟ لماذا لا نستطيع مواصلة استخدام الطاقة نفسها؟

الحقيقة أن هناك الكثير من الطاقة وأنها لا تُستهلك. ليست الطاقة هي ما يحتاجه العالم لكي يستمر في الدوران. ما يحتاجه هو إنتروبيا منخفضة.

الطاقة (سواء أكانت ميكانيكيّة، أم كيميائيّة، أم كهربيّة، أم كامنة) تُحوّل نفسها إلى طاقة حرارية، أي إلى حرارة: إنها تنتقل إلى الأشياء الباردة، وما مِن سبيلٍ لإرجاعها من هناك وإعادة استخدامها لجعل نبات ينمو أو لتشغيل محرّك. في

تلك العملية، تبقى الطاقة على حالها لكن الإنتروبيا ترتفع، وهذا هو ما لا يمكن إعادته إلى الوراء. وهذا ما يقضي به القانون الثاني للديناميكا الحرارية.

ما يجعل العالم يدور ليس هو مصادر الطاقة ولكن مصادر الإنتروبيا المنخفضة. من دون إنتروبيا منخفضة، سوف تنخفض الطاقة إلى حرارةٍ موحَّدة ويدخل العالم في حالة سبات من التوازن الحراري - لن يعود هناك أي تمايز بين الماضي والمستقبل، ولن يحدث أي شيء.

بالقرب من الأرض لدينا مصدر غني بالإنتروبيا المنخفضة: الشمس. الشمس ترسل لنا فوتونات ساخنة. ثم تُعيد الأرض إشعاع الحرارة باتجاه السماء السوداء، باعثةً فوتونات أبرد. الطاقة التي تدخل مساوية تقريبًا للطاقة الموجودة؛ وبالتالي، لا نَكتسب طاقة عمومًا في هذا التبادل. (اكتساب الطاقة في التبادل أمرٌ كارثي بالنسبة إلينا: إنه احتباس حراري). لكن مقابل كل فوتون ساخن يصل، تَبعث الأرض عشرة فوتونات باردة، حيث يمتلك الفوتون الساخن الآتي من الشمس طاقة تعادل عشر فوتونات باردة من التي تبعثها الأرض. الفوتون الساخن يمتلك إنتروبيا أقل من الفوتونات العشرة الباردة، لأن عدد التشكّلات الخاصّة بفوتون (ساخن) واحد أقل من عدد التشكّلات الخاصة بعشرة فوتونات (باردة). هكذا، تصير الشمس مصدرًا ثريًّا ومستمرًّا للإنتروبيا المنخفضة بالنسبة إلينا. لدينا تحت إمرتنا قدرًا وافرًا من الإنتروبيا المنخفضة، وهذا هو ما يسمح للنباتات والحيوانات بالنمو، ويمكّننا من بناء المحركات والمدن - ومن التفكير في تأليف كُتب مثل هذا الكتاب.

من أين، إذًا، تأتي إنتروبيا الشمس المنخفضة؟ من حقيقة كَوْن الشمس، بدورها، قد نشأت عن تشكُّل إنتروبي كان أخفض وأخفض: السحابة البدائية primordial cloud التي تَشكَّل منها النظام الشمسي كانت تتمتع بإنتروبيا أخفض وأخفض. وهكذا دواليك، عائدين إلى الماضي، إلى أن نصل إلى إنتروبيا أوليّة بالغة الانخفاض للكون.

إن تزايد الإنتروبيا هو الذي يفتح المجال أمام قصّة الكون العظيمة.

لكن الزيادة في إنتروبيا الكون ليست سريعة، ليست مثل التمدّد المفاجئ لغاز داخل صندوق: إنها تدريجية، تستغرق وقتاً. فتقليب شيء هائل مثل الكون يحتاج إلى زمن، حتى لو استخدمتَ مغرفةً عملاقة. في المقام الأول، هناك عوائق وأبواب مغلقة تقف في سبيل زيادتها - مسالك لا تمرّ منها إلا بصعوبة بالغة.

كومة الخشب، على سبيل المثال، تستمر لوقت طويل إذا تُركت لحالها. إنها ليست في حالة إنتروبيا قصوى، العناصر التي تتألّف منها، مثل الكربون والهيدروجين، مركّبة بطريقة شديدة التعينُّ («مرتّبة») لكي تعطي شكل الخشب. الإنتروبيا تزداد إذا تكسَّرت تلك التوليفات المعيّنة. وهذا ما يحدث عندما يحترق الخشب: تتفكّك عناصره من البُنى المعيّنة التي تُشكّل الخشب وتزداد الإنتروبيا بحدّة (فالنار، في الحقيقة، سيرورة غير قابلة للانعكاس كما يلاحظ كل ذي عينين). بيدَ أن الخشب لا يبدأ في الاحتراق بذاته. إنه يظل لزمن طويل في حالة إنتروبيا منخفضة، إلى أن يفتح شيءٌ ما بابًا يسمح له بالمرور إلى حالة إنتروبيا أعلى. كومة الخشب في حالة غير مستقرّة، مثل مجموعة أوراق اللعب، لكنها لا تتقوّض إلى أن يطرأ طارئٌ يجعلها تتقوض. هذا الطارئ، على سبيل المثال، قد يكون عود ثقاب يُشعل لهبًا. اللهب سيرورة تفتح قناةً من خلالها يتمكّن الخشب من المرور إلى حالة إنتروبيا أعلى.

هناك مواقف تُعرقِل، ومن ثم تُبطئ، تزايد الإنتروبيا عبر الكون. في الماضي، على سبيل المثال، كان الكون في معظمه رقعة شاسعة من الهيدروجين. الهيدروجين يمكن أن يلتحم مكوناً هيليوم، والهيليوم يمتلك إنتروبيا أعلى من الهيدروجين. لكن لكي يحدث ذلك يلزم فتحُ قناة: يجب على نجمٍ أن يشتعل لكي يبدأ الهيدروجين في الاحتراق هناك والتحوّل إلى هيليوم. فما الذي يجعل النجوم تشتعل؟ سيرورة أخرى ترفع الإنتروبيا: الانكماش بفعل الجاذبية لواحدة من سحابات الهيدروجين الضخمة التي تُبحر عبر المجرّة. سحابة الهيدروجين المنكمشة تمتلك إنتروبيا أعلى من السحابة المبعثرة(1). لكن سحابات الهيدروجين شاسعة الحجم بحيث إنها تستغرق ملايين السنين لكي تنكمش.

فقط بعد أن تتركّز تتمكّن من الاحتراز إلى نقطة تَقدَح زناد عملية الاندماج النووي nuclear fusion. وقدحُ زناد عملية الاندماج النووي يفتح الباب الذي يسمح بمزيد من الارتفاع في الإنتروبيا: هيدروجين يحترق إلى هيليوم.

تاريخ الكون بأكمله يتألف من هذا الإقدام الكوني على، والإحجام الكوني عَن، زيادة الإنتروبيا. وهذه العملية لا سريعة ولا متّسقة، لأن الأشياء تبقى حبيسة أحواضٍ من الإنتروبيا المنخفضة (كومة الخشب، سحابة الهيدروجين...) إلى أن يَفتح شيءٌ ما الباب أمام عملية تسمح في النهاية بزيادة الإنتروبيا. وارتفاع الإنتروبيا نفسه يحدث لكي يفتح أبوابًا جديدة تستطيع الإنتروبيا من خلالها أن ترتفع أكثر. السدّ في الجبال، على سبيل المثال، يحجز الماء إلى أن يَبلى تدرجيًّا على مرّ الزمن فيفرّ الماء المتحرّر إلى الأراضي الواطئة من جديد، مسببًا ارتفاعًا في الإنتروبيا. على امتداد هذا المسار، تبقى قطاعاتٌ كبيرة أو صغيرة من الكون منعزلة في مواقف ثابتة نسبيًا لفترات يمكن أن تمتد إلى أطوال بالغة.

الكائنات الحيّة مؤلَّفة من سيرورات متشابهة على النحو ذاته. التمثيل الضوئي يُودع إنتروبيا منخفضة من الشمس داخل النباتات. الحيوانات تتغذّى على الإنتروبيا المنخفضة عندما تتناول غذاءها. (إذا كان كل ما نحتاجه هو الطاقة، لا الإنتروبيا، لسَعَيْنا إلى حرِّ الصحراء الكبرى بدلًا من سَعْيِنا إلى تناول وجبتنا التالية). داخل كل خلية حيّة، تُشكّل شبكة السيرورات الكيميائية المعقّدة بِنيَةً تَفتح وتُغلق بواباتٍ تتمكّن عبرها الإنتروبيا المنخفضة من الارتفاع. الجزيئات تعمل كعوامل محفِّزة تسمح للسيرورات بالتشابك؛ أو، على العكس، تضع كوابحَ تمنع حركتها. زيادة الإنتروبيا في كل سيرورة مفردة هو ما يجعل النظام كلّه يعمل. الحياة شبكة من سيرورات زيادة الإنتروبيا - سيرورات تعمل بمثابة محفّزات لبعضها البعض(2). ليس صحيحًا، كما يقال أحيانًا، أن الحياة تُنشئ بنًى منتظمة على نحو معينً، أو بنًى تُقلّل الإنتروبيا محليًّا: إنها ببساطة سيرورة تُوهِن الإنتروبيا المنخفضة للغذاء وتستهلكها؛ إنه إخلال ذاتيّ بالنظام، ليس أكثر ولا أقل مما يحدث في بقية الكون.

حتى أتفه الظواهر محكومة بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية. الحجر يسقط

إلى الأرض. لماذا؟ كثيراً ما نقرأ أن ذلك لأن الحجر يضع نفسَه في «حالة طاقة أقل» فينتهي بالهبوط إلى أسفل. لكن لماذا يضع الحجر نفسَه في حالة طاقة أقل؟ ما الذي يجعله يفقد طاقة إذا كانت الطاقة مُصانة؟ الإجابة هي أن الحجر عندما يصطدم بالأرض، يُدفئها: تتحوّل طاقته الميكانيكية إلى حرارة. وليس مِن سبيل للعودة إلى الوراء من هناك. لو كان القانون الثاني للديناميكا الحرارية غير موجود، لو كانت الحرارة غير موجودة، لو لم يكن هناك وجود لجيشانٍ مجهريٍّ، لارتدّ الحجر عن الأرض بلا انقطاع؛ لما كان ليحطّ ويبقى swarming ساكنًا قَطّ.

إنها الإنتروبيا، لا الطاقة، التي تُبقي الأحجار على الأرض وتُبقي العالم دائراً.

إن نشوء الكون بأكمله ليس إلا عمليّة تدريجية من إخلال النظام، مثلما في مجموعة أوراق اللعب التي تبدأ بترتيبٍ ما ثم تَفقد هذا الترتيب بعد خلطها. ما مِن أيادٍ هائلة تَخلط العالم. العالم يَخلط نفسه بنفسه، عبر التفاعلات بين أجزائه التي تنفتح وتنغلق أثناء الخلط، خطوة بعد خطوة. وتظلّ مناطق شاسعة محصورة على حالها في تشكّلات مرتّبة منتظمة، إلى أن تنفتح قنواتٌ جديدة هنا وهناك تسمح لاختلال النظام بالانتشار عبرها(3).

ما يجعل الأحداث تحدث في العالم، ما يكتب التاريخ، هو الخلط الذي لا يقاوَم لهذه الأشياء، المتجه من التشكّلات المنتظمة القليلة إلى عددٍ لا يُحصى من التشكّلات مختلةِ الانتظام. العالم بأسره يشبه جبلًا ينهار بالحركة البطيئة. يُشبه بناءً يتقوّض تدريجيًّا، وببطء شديد.

من أكثر الأحداث ضآلة إلى أكثرها تعقيدًا، تظل رقصة زيادة الإنتروبيا التي لا تهدأ، المدفوعة بإنتروبيا الكون الأولية المنخفضة، هي الرقصة الحقيقية لشيفا، إله الدمار.

آثارٌ وأسبابٌ

حقيقةٌ أن الإنتروبيا كانت منخفضة في الماضي تقودنا إلى حقيقة أخرى حاسمة

ومتغلغلة في الفرق بين الماضي والمستقبل: الماضي يترك أثرًا من ذاته في الحاضر.

الآثار موجودة في كل مكان. الفوّهات على سطح القمر تَشهد على حوادث ارتطام في الماضي. الحفريات تُظهر أشكالًا من الكائنات الحيّة من زمن بعيد. التليسكوبات تُبيّن كيف كانت المجرّات البعيدة في الماضي. الكتب تحتوي على تاريخنا؛ عقولنا تضجّ بالذكريات التي تجيش بداخلها.

آثار الماضي موجودة، لا آثار المستقبل، فقط لأن الإنتروبيا كانت منخفضة في الماضي. لا يمكن أن يكون هناك سبب آخر، إذ إن المصدر الوحيد للاختلاف بين الماضي والمستقبل هو انخفاض الإنتروبيا في الماضي.

لكي يَترك الشيء أثرًا، يلزمه أن يُستوقَف، أن يكفّ عن الحركة، وهذا لا يمكن أن يحدث إلا بسيرورة غير قابلة للانعكاس [لا رجوع فيها] - بعبارة أخرى، بالحطّ من مَقام الطاقة وتحويلها إلى حرارة. بهذه الطريقة، تَسخن أجهزة الكمبيوتر، ويَسخن المخ، والشهب التي تسقط في القمر تُسخّنه؛ وحتى ريشة الأوزّة في يد كاتب العصور الوسطى في ديرٍ بندكتيّ تُسخّن قليلًا الورقة التي يكتب عليها. في عالمٍ من دون حرارة، كل شيء سيرتدّ كالمطاط، من دون أن يخلّف أثرًا(4).

إن وجود وفرةٍ من آثار الماضي هو الذي يُنتج الإحساس المألوف أن الماضي مقرّرٌ ومحسومٌ. أمّا غياب أي آثار مشابهة للمستقبل فيُنتج الإحساس بأن المستقبل مفتوح. وجود الآثار يسمح للعقل بابتكار خرائط مُسهَبة للأحداث الماضية. ولا نظير لذلك مع الأحداث المستقبلية. هذه الحقيقة تقع في صميم إحساسنا بقدرتنا على التصرّف بحرية في العالم: الاختيار بين مستقبَلات مختلفة، حتى لو كنا عاجزين عن التأثير في الماضي.

لقد صُمّمت آليات العقل العظيمة، التي لا نمتلك وعيًا مباشرًا بها («لا أعرف لماذا أشعر بهذا الحزن البالغ»، هكذا يُغمغم أنطونيو في بداية مسرحية «تاجر البندقية»)، على مدار مسيرة الإنسان التطوريّة، من أجل إجراء حسابات بخصوص المستقبَلات الممكنة. هذا ما نسميه «البتّ» [اتخاذ القرار]. وحيث إن

هذه الآليات تَحبُك تصوّراتٍ لمستقبَلات بديلة كانت مُمكنة لو ظلّ الحاضر على حاله تمامًا باستثناء تفصيلةٍ واحدة، فنحن ميّالون بصورة طبيعية إلى التفكير بمصطلحات «الأسباب» التي تسبق «النتائج»: سببُ الحدث المستقبلي هو حدثٌ ماضٍ، وما كان للحدث المستقبلي أن يحدث في عالمٍ ظلّ على حاله تمامًا باستثناء هذا السبب(5).

هكـذا، ففكـرة السـبب فـي خبرتنـا لا متنـاظرة فـي الزمـن: السبب يسبق النتيجة(*********). عندما نُقرّ على وجه التعيين أن حدثين «وقعا للسبب نفسه»، فنحن نعثر على هذ «السبب المشترك»(6) في الماضي، لا في المستقبل. إذا وَصلَت مَوْجَتا تسونامي معًا إلى جزيرتين متجاورتين، نفكّر أن ثمّة حدثًا في الماضي تسبّب في كليهما. لا نبحث في المستقبل. لكن هذا لا يحدث لأن ثمة قوة سحرية من «السببيّة» تنتقل من الماضي إلى المستقبل. بل يحدث لأن لا احتمالية العلاقة بين حدثين يتطلّب شيئًا غَير محتمَل، ووحدها الإنتروبيا المنخفضة الخاصة بالماضي هي التي تُوفّر لا احتمالية كهذه. فماذا يستطيع ذلك سواها؟ بعبارة أخرى، وجود الأسباب المشتركة في الماضي ليس إلا تجليًا للإنتروبيا المنخفضة في الماضي. في حالة التوازن الحراري، أو في نظام ميكانيكي بحت، ما مِن اتجاه للزمن يمكن تحديده عن طريق السببيّة.

قوانين الفيزياء الأولية لا تتحدّث عن «الأسباب» وإنما فقط عن الأنساق النظاميّة regularities، وتلك متناظرة في ما يخصّ الماضي والمستقبل. وقد لاحظ برتراند راسل هذا الأمر في مقالة شهيرة، إذ كتب مشددًا على أن «قانون السببية... هو أثرٌ من مخلّفات زمن بائد، وما يُبقيه، مثل الـمَلَكيّة، ليس إلا الاعتقاد الخاطئ بأنه لا يضرّ»(7). إنه يبالغ، بالطبع، لأن عدم وجود «أسباب» على المستوى الأوّلي ليس حجّة كافية لاعتبار فكرة السبب ذاتها بائدة(8). على المستوى الأوّلي ليست هناك قططٌ أيضًا، بيدَ أنّ ذلك، في حدِّ ذاته، لا يمنعنا عن الانشغال بالقطط. الإنتروبيا المنخفضة للماضي تجعل فكرة السبب فكرة ناجعة.

لكنّ الذاكرة، والأسباب والنتائج، والتدفّق، والطبيعة الحتميّة للماضي والطبيعة اللاحتميّة للمستقبل ليست إلا أسماءً نطلقها على تَبعات حقيقة إحصائية:

اللااحتماليّة المميزة لحالات الكون الماضية(********).

الأسباب، والنتائج، والآثار، وتاريخ صيرورة العالم نفسه، الذي يتكشّف ليس فقط عبر قرون التاريخ البشري وألفيّاته وإنما أيضًا عبر مليارات السنين من السرديّة الكونية الكبرى - كل هذا ينبع ببساطة من حقيقة أن تشكُّل الأشياء كان «معيّنًا» قبل بضعة مليارات من السنين(9).

ومصطلح «معينَّ» particular هو مصطلح نسبي: إنه معيّن بالنسبة إلى منظور ما. إنه تشوّش. إنه يتحدّد عن طريق التفاعلات التي يدخل فيها نظام فيزيائي ما مع بقية العالم. ومن ثم فإن السببيّة، والذاكرة، والآثار، وتاريخ الحدوث في العالم ذاته، لا يمكن أن تكون إلا نتيجة للمنظور: مثل دوران السماء؛ نتيجة لوجهة نظرنا الفريدة في العالم... هكذا فإن دراسة الزمن تظلّ تعيدنا، بلا هوادة، إلى ذواتنا.

(********) لا متناظرة asymmetrical: بمعنى أنها لا تعمل في الاتجاهين ↔ ، وإنما في اتجاه واحد ← . (المترجم)

(********) مفهوم «الاحتماليّة» probability (وعكسها «اللااحتماليّة» improbability) من المفاهيم المهمة لاستيعاب الإنتروبيا. إذا كان لدينا صندوق صغير به مليارات المليارات من الجزيئات، في حالة حركة وتخبّط دائمة، فإن الاحتماليّة «الإحصائيّة» لتواجد كل الجزيئات في النصف الأيمن من الصندوق ليست مستحيلة، لكنها بالغة الضآلة، بحيث يُشار إليها بأنها «لا احتماليّة». وحين نضع رهن الاعتبار أن ظهور «نظام معيّن» للجزيئات يعني حالة «إنتروبيا منخفضة»، وأن الحركة «العشوائية» للجزيئات - على العكس - تعني «إنتروبيا مرتفعة»، تصبح فكرة انخفاض الإنتروبيا فكرة «غير محتمَلة» improbable. (المترجم)

١٢ - رائحةُ المادْلين

سعيدٌ

وسيِّدٌ على نفسه

مَن يستطيع،

في كلِّ يومٍ من أيامِ حياتِه،

أن يقولَ:

«اليومَ عشتُ؛

وغدًا إذا بسطَ الربُّ لنا

أفقًا من السّحبِ الداكنةِ

أو أنعم علينا بصباحٍ رائقٍ وضّاءٍ

لَما غيرَّ ماضينا البائسَ،

إذ لن يفعلَ أيَّ شيءٍ

مِن دونِ ذاكرةِ الأحداثِ

التي ستكونُ الساعةُ الزائلةُ

قد ادّخرَتها لنا. (III, 29)

دعونا نرجع إلى ذواتنا، إذًا، وإلى الدور الذي نلعبه بالنسبة إلى طبيعة الزمن. في المقام الأول، ما نحنُ كبشر؟ كيانات؟ لكنّ العالم ليس مصنوعًا من كيانات، إنه مصنوع من أحداث تتضافر مع بعضها البعض... إذًا، ما «أنا»؟

في «ميليندا بانها» وهو نصّ بوذيّ كُتب باللغة الباليّة في القرن الأول من

حِقبتنا، يُجيب ناغاسينا على أسئلة الملك ميليندا، منكراً وجوده ككيان(1):

يقول الملك ميليندا للحكيم ناغاسينا: ما اسمك أيها المعلّم؟ ويجيب الأستاذ: أُدعى ناغاسينا يا مليكي العظيم؛ لكنّ ناغاسينا ليس إلا اسمًا، كُنية، اصطلاحًا، كلمةً بسيطةً: ما مِن شخص هنا.

يندهش الملك من هذا الإصرار الذي يبدو مبالغًا فيه:

إذا كان ما مِن وجودٍ لأيّ شخص، فمَن ذا الذي يكتسي ويَقتات؟ مَن ذا الذي يعيش ملتزمًا بالفضائل؟ مَن يقتل، مَن يسرق، مَن يتمتّع بالمباهج، مَن يكذب؟ لو لم يعد هناك فاعلٌ، لما عاد هناك خيرٌ ولا شرٌّ...

ويدفع بأن الذات لا بدّ أن تكون كيانًا مستقلًا لا يمكن ردّه إلى مكوناته الأولية:

هل الشَّعرُ هو ناغاسينا، يا مُعلّم؟ أهو الأظافر أو الأسنان أو اللحم أو العظم؟ أهو الاسم؟ أهو الأحاسيس، الإدراكات، الوعي؟ أهو لا شيء من هذه الأشياء؟...

يردّ الحكيم أن «ناغاسينا» ليس بالفعل أيًّا من تلك الأشياء، ويبدو وكأن الملك قد ربح النقاش: إذا لم يكن ناغاسينا أيًّا من هذه الأشياء، إذًا فلا بدّ وأنه شيء آخر - وهذا الشيء الآخر سيكون الشخص ناغاسينا، ومن ثم يكون موجودًا.

لكنّ الحكيم يَقلِب حجته عليه، ويسأله من أيّ شيء تتكوّن الـمَركَبة:

هل العَجَلتان هما الـمَركَبة؟ مِحور الدوران؟ هل الهيكل هو الـمَركَبة؟ هل الـمَركَبة مجموع أجزائها؟

يردّ الملك بحرص أن «الـمَركَبة» بكل تأكيد تُحيل إلى العلاقة المنسجمة بين العَجَلتيْن، ومِحور الدوران، والهيكل، إلى عملها معًا وفي علاقتها بنا - وأنه لا وجود لكيان اسمه «مَركَبة» خارج نطاق هذه العلاقات والأحداث. وينتصر ناغاسينا: كما في «الـمَركَبة» تمامًا، فإن اسم «ناغاسينا» لا يكني عن شيء أكثر من مجموعة من العلاقات والأحداث.

نحن سيرورات، أحداث، مولَّفة ومحدودة في المكان والزمن. لكن، إذا لم نكن

كيانات فردية، فما الذي يؤسّس هويتنا ووحدتها؟ ما الذي يجعلني هكذا - يجعلني كارلو - ويجعل شَعري وأظافري وقدميّ تُعتبر جزءًا مني، وكذا غضبي وأحلامي، وكوني أعتبر نفسي «كارلو الأمس» ذاته، و«كارلو الغد» ذاته؛ الشخص الذي يفكّر، ويعاني، ويدرك؟

هناك مكونات مختلفة تجتمع لإنتاج هويتنا. ثلاثة منها مهمّة للنقاش المعني به بهذا الكتاب:

1

المكوَّن الأول هو أن كلًّا منّا يتماهى مع وجهة نظر في العالم. العالم ينعكس في كل منّا عبر طيف ثري من العلاقات التبادلية، الجوهرية من أجل بقائنا(2). كلٌّ منا سيرورةٌ معقّدة تعكس العالم وتُراكم المعلومات التي نستقبلها وتعالجها بطريقة شديدة التكامل(3).

2

المكوِّن الثاني الذي تقوم عليه هويّتنا هو نفسه الذي تقوم عليه هويّة الـمَركَبَة. فنحن إذ نعكس العالم، نُرتّبه في كيانات: إننا نُدرك العالم عن طريق تصنيفه وتجزئته بأفضل ما نستطيع في عملية متناسقة وثابتة، بطريقة أو بأخرى، لكي نتفاعل معه على أفضل نحوٍ ممكنٍ. نحن نصنِّف معًا، في كيانٍ واحدٍ، الصخور التي نسمّيها «جبل مون بلان»، ونفكِّر فيها كشيء موحَّد. نحن نرسم خطوطًا على العالم، ونقسّمه إلى قطاعات؛ نُرسي حدودًا، نصنع صورة تقريبية للعالم بتجزئته إلى قِطَع. جهازنا العصبي مصمَّم لكي يعمل على هذا النحو. إنه يستقبل مثيرات حسّية، ويُراكم المعلومات ويعالجها على نحو مستمرّ، ويخلق منها سلوكًا. وهو يفعل ذلك عبر شبكات من الخلايا العصبية تُشكّل نُظُمًا ديناميكية مرنة لا تَني تُعدِّل من نفسها، ساعيةً إلى التنبؤ(4) - بقدر الإمكان - بتيّار المعلومات الواردة. ولكي نفعل ذلك، تتطوّر شبكات الخلايا العصبية عن طريق ربط نقاطٍ ثابتة مستقرة، على نحو أو آخر، من ديناميَّتها بأنماط متكررة

تَعثرُ عليها في المعلومات الواردة إليها، أو - بصورة غير مباشرة - في إجراءات تجميع المعلومات ومعالجتها ذاتها. هذا ما يبدو لنا وفقًا للأبحاث المثيرة للغاية التي تُجرى حاليًا على المخ(5). فإذا كانت الحالة هكذا، إذًا فإن «الأشياء»، شأنها شأن «المفاهيم»، نقاطٌ ثابتة في الديناميّة العصبية، تستحثُّها بُنًى متكرِّرة من المدخَلات الحسيّة ومن التجميعات والمعالجات المتتابعة. إنها كما المرآة، تعكس توليفًا من مظاهر العالم يعتمد على بُنى العالم متكرّرة الحدوث وعلى مدى صلتها بتفاعلاتها معنا. هذا هو ما تتألف منه الـمَركَبَة. وكان هيوم ليسعد كثيراً بمعرفة هذه التطوّرات في فهمنا للمخ.

بصفة خاصّة، نحن نُجمِّع، في صورة موحَّدة، مجموعة السيرورات التي تتألف منها تلك الكائنات الحيّة التي هي غير البشر، لأن حياتنا تتسم بالطابع الاجتماعي، ومن ثم فنحن نتفاعل مع تلك الكائنات بقدر كبير. تلك الكائنات هي عُقَدٌ من الأسباب والنتائج وثيقة الصلة بنا. لقد صِغنا فكرةً عن «الإنسان» عن طريق التفاعل مع الآخرين الذين يشبهوننا.

أعتقد بأن فكرتنا عن الذات تنبع من هذا، لا من الاستبطان introspection. عندما نفكّر في ذواتنا كأشخاصٍ، أعتقد بأننا نطبِّق على ذواتنا الدوائر الكهربيّة الذهنيّة التي طوّرناها لكي نتفاعل مع رفاقنا.

الصورة الأولى التي ظلّت معي من أيام طفولتي هي صورة الطفل الذي تراه أمي. نحن بالنسبة إلى ذواتنا، إلى حدٍّ بعيدٍ، ما نراه وما قد رأيناه من ذواتنا منعكسًا إلينا من قِبَل أصدقائنا، وأحبابنا، وأعدائنا.

لم يسبق لي قَط أن اقتنعتَ بالفكرة، المنسوبة إلى ديكارت، القائلة بأن الوجه الأوّلي لخبرتنا هو وَعيُنا بالتفكير، ومن ثم بالوجود. (حتى نَسَب الفكرة لديكارت يبدو لي خاطئًا: فعبارة «أنا أفكر، إذًا أنا موجود» Cogito ergo sum ليست هي الخطوة الأولى في إعادة التركيب الديكارتي، بل هي الثانية. الأولى هي «أنا أشك، إذًا أنا أفكر» Dubito ergo cogito. نقطة الانطلاق لإعادة التركيب، إذًا، ليست فرضيّة قَبْليّة **a priori** تالية مباشرة لخبرة الوجود كذات. إنها تأمُّل بَعديّ **a**

عقلاني في المرحلة الأولى من العملية التي بلورَ ديكارت من خلالها **posteriori** حالة من الشك: المنطق يقضي بأنه إذا شكَّ شخصٌ ما في شيء ما، فلا بدّ أنه قد فكّر في هذا الشيء. وأنه، إذا استطاع التفكير، فهو، لا بدّ، موجود. إنه، بالأساس، تدبُّرٌ بصيغة المخاطَب، لا بصيغة المتكلِّم، رغم ما تتميز به عملية التفكير من خصوصية. إن نقطة البداية عند ديكارت هي الشك المنهجيّ الذي خَبَرَه عقلٌ مثقّفٌ رفيعٌ، لا الخبرة الأساسية لذاتٍ ما.

خبرة تفكير المرء في نفسه كذاتٍ ليست خبرةً أوليّة: إنها استنتاج ثقافي معقّد، قائم على العديد من الأفكار الأخرى. خبرتي الأولية - إذا افترضنا أن ذلك يعني أيَّ شيء - هي رؤية العالم من حولي، لا رؤية ذاتي. وأعتقد أننا لا نتوصّل إلى مفهوم «ذاتي» my self إلا لأننا نتعلّم، عند نقطة معيّنة، أن نطرح على ذواتنا فكرة كوننا بشرًا بوصفها ملمحًا إضافيًّا قادنا التطوّرُ إلى بنائه على مدار آلاف السنين لكي نتفاعل مع غيرنا من أبناء جماعتنا: نحن انعكاسٌ لتلك الفكرة عن ذواتنا التي نعود ونستقبلها من بني جنسنا.

3

لكنْ، هناك مكوِّن ثالثٌ في صميم هويتنا، ولعله المكوِّن الجوهري - إنه السبب وراء إدراج هذا النقاش الشائك في كتاب عن الزمن: الذاكرة. نحن لسنا مجموعة من السيرورات المستقلّة في لحظات متتابعة. بل إن كل لحظة من وجودنا مرتبطة عبر خيط ثلاثي غريب إلى ماضينا - الأقرب منه والأبعد: الذاكرة. إنّ حاضرنا يضجّ بآثار ماضينا. إننا تواريخُ لذواتنا. سرديّات. أنا لست هذه الكتلة الآنية من اللحم المضطجعة على أريكة تكتب حرف «أ» على جهاز الكمبيوتر المحمول. أنا أفكاري المليئة بآثار العبارات التي أكتبها؛ أنا ملاطفات أمي، الرقّة الصافية التي أرشدني بها أبي بأناةٍ وهدوء؛ أنا أسفارُ مراهقتي؛ أنا ما أودَعَته قراءاتي في طبقاتٍ داخل عقلي؛ أنا غراميّاتي، لحظات يأسي، صداقاتي، ما كتبتُه، ما سمعتُه؛ الوجوه المحفورة في ذاكرتي. أنا، في المقام الأول، الشخص الذي قَبْل دقيقة أعدَّ لنفسه كوبًا من الشاي. الشخص الذي قَبْل لحظة واحدة

كتبَ كلمة «ذاكرة» على جهاز الكمبيوتر الخاص به. الشخص الذي ألّفَ لتوّه الجملة التي أُكملها الآن. لو اختفى كل ذلك، هل يبقى لي وجود؟ أنا هذه الرواية الطويلة، المستمرّة. حياتي تتكوّن منها.

الذاكرة هي ما تَربط معًا السيرورات، المبعثرة عبر الزمن، التي صُنعنا منها. بهذا المعنى نحن موجودون في الزمن. ولهذا السبب أنا اليوم الشخص ذاته الذي كان بالأمس. فَهمُ ذواتنا يعني التأمّل في الزمن. لكنّ فَهم الزمن يتطلبُ منا أن نتأمّل في ذواتنا.

أحد الكتب الحديثة المخصّصة للبحث في طريقة عمل المخ يحمل عنوان: «دماغك آلة زمن»(6). وهو يناقش الطرق العديدة التي يتفاعل من خلالها المخّ مع مرور الزمن، ويُشيد جسورًا بين الماضي والحاضر والمستقبل. المخّ، إلى حدٍّ بعيدٍ، آليّة لتجميع ذكريات الماضي بغرض استخدامها على نحو مستمر للتنبؤ بالمستقبل. يحدث هذا عبر طيف واسع من المقاييس الزمنية، بداية من المقاييس بالغة القصر، ووصولًا إلى المقاييس بالغة الطول. إذا ألقى شخصٌ ما شيئًا ما إلينا لكي نلتقطه، فإن يدنا تتحرّك بمهارة إلى المكان الذي سيكون فيه هذا الشيء بعد بضع لحظات: لقد حَسَبَ المخ، مستخدمًا الانطباعات الماضية، بسرعة فائقة، الموضع المستقبلي لذلك الشيء الذي يطير باتجاهنا. وعلى مقياس أطول، نحن نزرع بذرة لكي تنمو وتصير ذُرةً. أو نستثمر في البحث العلمي لعلّه ينتج غدًا معرفة وتكنولوجيا جديدة. إمكانية التنبؤ بشيء ما في المستقبل تُحسِّن، بداهةً، من فرصنا في البقاء، وبالتالي، فقد انتخَبَ التطور البُنى العصبية التي تسمح به. نحن نتاج هذا الانتخاب. هذا الوجود بين الأحداث الماضية والمستقبلية أمرٌ حاسم بالنسبة إلى بنيتنا العقلية. هذا، بالنسبة إلينا، هو «تدفّق» الزمن.

في توصيلات جهازنا العصبي، ثمة بُنًى أوليّة تُسجّل الحركة على الفور: الجسم الذي يظهر في مكان ما ثم، بعدها على الفور، في مكان آخر لا يُولِّد إشارتين متمايزتين تنطلقان على نحو منفصل باتجاه المخ، وإنما إشارةً واحدةً مُرتفِقة مع حقيقة أننا ننظر إلى شيء يتحرّك. بعبارة أخرى، ما ندركه ليس الحاضر، الذي

هو في جميع الأحوال بلا معنًى بالنسبة إلى نظام يعمل على مقياسٍ متناهٍ من الزمن، وإنما بالأحرى شيء يحدث ويمتد في الزمن. أدمغتنا هي المكان الذي يتكثّف فيه الامتداد الزمني ويتحوّل إلى إدراكٍ للفترة الزمنية.

هذا الحدس هو الحدس القديم. وتأمّلات القديس أوغسطين فيه ظلّت ذائعة الصيت.

في الكتاب الحادي عشر من «الاعترافات»، يسأل أوغسطين نفسه عن طبيعة الزمن، ورغم أنه يقطع تدفّق أفكاره بعبارات التعجّب على طريقة واعظٍ إنجيليّ أجدها مملّة بعض الشيء، فهو يقدّم تحليلًا بليغًا لقدرتنا على إدراك الزمن. إنه يلاحظ أننا نقع دائمًا في الحاضر، لأن الماضي انقضى ومن ثم لم يعد موجودًا، والمستقبل لم يصل بعد، إذًا فهو غير موجود أيضًا. ويسأل نفسه كيف ندرك الفترة الزمنية - أو حتى نستطيع حسابها - إذا كنا دائمًا في الحاضر فقط، الذي هو، بالتعريف، لحظيّ. كيف نعرف بهذا الوضوح أمرَ الماضي، أمرَ الزمن، إذا كنا في الحاضر دائمًا؟ هنا والآن، لا ماضٍ ولا مستقبَل. فأين هما؟ وينتهي أوغسطين إلى أنهما بداخلنا.

إنني أقيس الزمن، إذًا، داخل عقلي. لا يجب أن أسمح لعقلي بالإصرار على أن الزمن شيءٌ موضوعي. عندما أقيس الزمن، أنا لا أقيس شيئًا في حاضر عقلي. إما أن يكون هذا هو الزمن، أو أنني لا أعرف شيئًا عن ماهية الزمن.

الفكرة أكثر إقناعًا بكثير مما تبدو عليه في القراءة الأولى. بوسعنا أن نقول إننا نقيس الفترة الزمنية بساعة. بيدَ أنّ ذلك يستلزم منا قراءتها في لحظتين مختلفتين: وهذا ليس ممكنًا، لأننا دائمًا في لحظة واحدة، وأبدًا لا نكون في لحظتين. في الحاضر، إننا لا نرى إلا الحاضر؛ نستطيع أن نرى أشياءً نفسّرها بوصفها آثارًا للماضي، لكنْ ثمّة فارق حاسم بين رؤية آثار الماضي وبين إدراك تدفق الزمن - وأوغسطين يدرك أن هذا الفارق، الوعي بمرور الزمن، داخليٌّ بطبيعته. إنه جزء لا يتجزأ من العقل. إنه الآثار التي خلّفها الماضي في العقل.

العرض الذي يقدّمه أوغسطين للفكرة بالغُ الجمال. إنه يقوم على خبرتنا

بالموسيقى. عندما نستمع إلى ترنيمة ما، فإن معنى كل صوت يتأتّى من الأصوات السابقة عليه واللاحقة له. الموسيقى لا يمكن أن تحدث إلا في الزمن، لكنْ إن كنّا دائماً في اللحظة الحاضرة، فكيف يمكننا سماعها؟ هذ ممكن، كما يلاحظ أوغسطين، لأن وعينا قائم على الذكرى وعلى التوقُّع. الترنيمة، الأغنية، حاضرة بصورة ما في عقولنا في شكل موحّد، متماسكة بفعل شيءٍ ما - هذا الشيء الذي نفسّره على أنه زمن. ومن ثم، فهذه هي ماهية الزمن: إنه في الحاضر بالكامل، في عقولنا، كذكرى وتوقُّع.

بالطبع لم تهيمن الفكرة القائلة بأن الزمن قد يكون موجوداً في العقل فقط على الفكر المسيحي. بل إنها إحدى الفرضيات التي استُقبلَت بإدانة واضحة ووُصفَت بالهرطقة من جانب إيتيان تومبيه، أسقف باريس، في العام 1277. وسط قائمة المعتقدات المذمومة، نجد التالي:

Quod evum et tempus nichil sunt in re, sed solum in apprehensione(7)

بعبارة أخرى: «[من الهرطقة الزعم بأن] العصر والزمن غير موجودين في الحقيقة وإنما داخل العقل فقط». ربما كتابي ينزلق باتجاه الهرطقة... لكن، لـمّا كان الناس لا يزالون ينظرون إلى أوغسطين بوصفه قدّيسًا، أظن أنه لا داعي لأن أقلق كثيراً من هذا الشأن. فالمسيحية، في نهاية المطاف، شديدة المرونة...

قد يبدو من السهل تفنيد حجة أوغسطين، بالدفع بأن آثار الماضي التي وجدَها بداخله ربما تكون هناك لأنها تعكس بِنيَة حقيقية للعالم الخارجي. في القرن الرابع عشر، على سبيل المثال، احتجّ ويليام الأوكامي في كتابه «الفلسفة الطبيعية» Philosophia Naturalis بأن الإنسان يلاحظ كُلًّا من حركات السماء والحركات داخل ذاته، ومن ثم يُدرك الزمن عبر تعايشه مع العالم. بعدها بقرون، يُصر هوسِرل - محقًّا - على التمييز بين الزمن الفيزيائي و«الوعي الداخلي بالزمن»: بالنسبة إلى فيلسوف طبيعي قويم يبتغي تجنُّب الغرق وسط دوّامات المثالية العقيمة، فإن الأول (العالم الفيزيائي) يأتي أولًا، بينما الثاني (الوعي) -

المستقل عن مدى فهمك له - يتحدَّد بالأول. إنه اعتراض معقول تمامًا، فقط طالما تُطمئننا الفيزياء أن التدفق الخارجي للزمن حقيقي، وكوني، ومتوافق مع حدسنا. لكن إذا أظهرت لنا الفيزياء، عوضًا عن ذلك، أن الزمن ليس جزءًا أوّليًّا من الحقيقة، فهل يعود بإمكاننا مواصلة تجاهل ملاحظة أوغسطين والتعامل معها بوصفها منقطعة الصلة عن الطبيعة الحقيقية للزمن؟

البحث في طريقة إدراكنا للطبيعة الداخلية للزمن، عوضًا عن طبيعته الخارجية، يتكرّر كثيراً في الفلسفة الغربية. فنجد كانط يناقش طبيعة المكان والزمن في كتابه «نقد العقل المحض»، ويفسِّر كلًّا من المكان والزمن بوصفهما أشكالًا قَبْلِيَّة من المعرفة، بمعنى أنهما لا يتعلّقان فقط بالعالم الموضوعي وإنما أيضًا بالطريقة التي تستوعبه بها الذات. لكنه يلاحظ أيضًا أنه، بينما يتشكّل المكان بإحساسنا الخارجي، أي بطريقتنا في ترتيب الأشياء التي نراها في العالم خارجنا، فإن الزمن يتشكّل بإحساسنا الداخلي، أي بطريقتنا في ترتيب الحالات الداخلية داخل ذواتنا. مجدَّدًا، الأساس الذي تقوم عليه بِنيَة العالم الزمنية يجب أن يُلتمس في شيء وثيق الصلة بطريقة تفكيرنا وإدراكنا، بوعينا. ويظل هــذا صــحيحًا مــن دون الاضـطرار إلـى السـقوط فـي حبـائل فلسـفة التعاليtranscendentalism الكانطيّة.

ويعزف هوسِرل على أوتار أوغسطين حين يصف تشكُّل الخبرة من زاوية «الاستبقاء» retention - مستخدمًا، مثله، تشبيه الإنصات إلى لحنٍ ما(8). (كان العالم، في هذه الأثناء، قد أصبح بورجوازيًّا، حيث حلّت الألحان محل الترنيمات): في اللحظة التي نسمع فيها نغمةً ما فإن النغمة السابقة عليها «تُستَبقى»، ثم تصبح النغمة الحالية أيضًا جزءًا من «الاستبقاء» - وهكذا دواليك. نشغِّلها معًا بطريقة يحوي فيها الحاضر أثرًا متواصلًا من الماضي، فيصبح، تدريجيًّا، أكثر تشوّشًا(9). إن عملية الاستبقاء تلك، وفقًا لهوسِرل، هي التي تجعل الظواهر «تُشكِّل زمنًا». الرسم البياني التالي من إنتاج هوسِرل: المحور الأفقي من A إلى E يمثل مرور الزمن، والمحور الرأسي من E إلى ‹A يمثل «استبقاء» اللحظة A، حيث يقود الانحسار المطَّرد من A إلى ‹A. الظواهر تشكِّل الزمن لأن

عند أي نقطة E، تتواجد ‹P و‹A. المثير هنا أن هوسِرل لا يحدّد مصدر فينومونولوجيا (ظاهراتية) الزمن في التتابع الموضوعي الافتراضي للظواهر (الخط الأفقي)، وإنما في الذاكرة (المماثلة للتوقُّع، والتي أطلق عليها هوسِرل اسم «الاستباق» protention)، أي تتحدّد بالخطِّ الأفقي من الرسم البياني. ما أقصده هنا هو أن هذا يظل ساريًا (في فلسفةٍ طبيعيّةٍ) حتى في عالَمٍ فيزيائي ليس فيه وجود لزمن فيزيائي منتظم كونيًّا بطريقة خطيّة وإنما مجرد آثارٍ تولَّدَت عن اختلاف الإنتروبيا.



في أعقاب هوسرِل، يكتب مارتن هايدغر - بقدر ما يسمح لي عشقي لوضوح وشفافية كتابة غاليليو بفكّ شفرة الغموض المتعمَّد في لغة هايدغر - أن «الزمن يُزمِّن نفسه فقط مع البشر طالما هناك بشر»(10). الزمن، بالنسبة إليه هو أيضًا، زمن البشر، زمن الفعل، زمن الأشياء التي يتفاعل معها الجنس البشري. حتى وإن كان هايدغر، في ما بعد، وبسبب اهتمامه بماهية الكينونة بالنسبة إلى الإنسان (بالنسبة إلى «الكائن الذي يَطرح مشكلة الوجود»)(11)، ينتهي إلى تعريف الوعي الداخلي بالزمن بوصفه أفق الكينونة.

هذا الحدس بدرجة تأصُّل الزمن في الذاتية يظل مهمًّا أيضًا بالنسبَة إلى أيّ فلسفة طبيعيّة محترمة تنظر إلى الذات كجزء من الطبيعة ولا تخشى الحديث عن «الحقيقة» ودراستها - بينما تعترف، في الوقت نفسه، أن فهمنا وحدسنا

محدودان جوهريًّا بطريقة عمل تلك الآلة القاصرة: دماغنا. هذا الدماغ جزء من الحقيقة يعتمد بدوره على التفاعل بين عالمٍ خارجيٍّ والبُنى التي يَعمل العقل من خلالها.

لكن العقل هو نتاج عمل دماغنا. وما بدأنا في فهمه (على ضآلته) عن طريقة عمله تلك هو أن دماغنا بأكمله يعمل على أساس مجموعة من الآثار التي خلّفها الماضي في التشابكات التي تربط الخلايا العصبية. التشابكات العصبية تظلّ تتشكّل بالآلاف ثم تُمحى - خاصة أثناء النوم، تاركة وراءها انعكاسًا مشوّشًا لما قد شَغِل جهازنا العصبي في الماضي. صورة مشوّشة، بلا شك - فكِّر في ملايين التفاصيل التي تراها أعيننا كل لحظة ولا تَبقى في ذاكرتنا - لكنها صورةٌ تحتوي على عوالم كاملة.

عوالم بلا حدود

إنها تلك العوالم التي يعيد اكتشافها مارسيل الصغير متحيرًا، كل صباح، في الصفحات الأولى لرواية «البحث عن الزمن المفقود»، في دوّار اللحظة التي يخرج فيها الوعي كفقاعة من أغوار سحيقة(12). ذلك العالم الذي تتكشّف له بعد ذلك أراضيه الشاسعة عندما يعيد له مذاقُ كعكة المادلين نكهةَ قرية «كومبريه». عالم شاسع، خريطة يفردها بروست ببطء على مدار الثلاثة آلاف صفحة التي تشكّل روايته العظيمة. رواية، كما يجدر بنا أن نلاحظ، لا تتكوّن من سردية من الأحداث في العالم وإنما تقرير عمّا بداخل ذاكرة شخص واحد. من شذا كعكة المادلين في بداية الرواية، وحتى الكلمة الأخيرة - »الزمن» - في قسمها الأخير، «الزمن المستعاد»، يظلّ الكِتاب تسكُّعًا مفصَّلًا ومشتّتًا بين التشابكات العصبية في دماغ مارسيل.

يعثر بروست على زمنٍ لا محدودٍ وحشدٍ لا يصدَّق من التفاصيل، والروائح، والأفكار، والأحاسيس، والتأمّلات، والاستطرادات المتكرّرة، والألوان، والأشياء، والأسماء، والهيئات، والمشاعر... كلها داخل ثنايا الدماغ الواقع بين أذني مارسيل. هذا هو تدفّق الزمن المألوف من خبرتنا المعيشة: إنه يعشّش هناك بالداخل،

بداخلنا، في الوجود الحاسم لآثار الماضي داخل خلايانا العصبية.

ما كان لبروست أن يكون أكثر وضوحًا حول هذا الشأن، إذ كَتب في كِتابه الأول يقول: «الحقيقة لا تتشكّل إلا بالذاكرة»(13). والذاكرة، بدورها، مجموعةٌ من الآثار، نتاجٌ غير مباشر لإخلال نظام العالم، لتلك المعادلة الصغيرة المكتوبة سابقًا، ΔS ≥ 0، المعادلة التي تخبرنا بالحالة التي كان عليها العالم في تشكُّل «معيّن» في الماضي خلَّفَ (ويُخلِّف) آثارًا. «معيّنٌ» هو، ربما فقط بالنسبة إلى نُظمٍ فرعية نادرة - بما فيها ذواتنا.

نحن قصصٌ، محصورة داخل السنتيمترات العشرين المعقّدة وراء آذاننا، خطوطٌ رسمَتها آثارٌ خلَّفَها (إعادة) خلط الأشياء في العالم، وموجَّهةٌ شطرَ توقُّع أحداثٍ في المستقبل، شطرَ اتجاهِ تَزايد الإنتروبيا، في زاوية شديدة الغرابة من هذا الكون الفوضوّي الشاسع.

هذا المكان - الذاكرة - جنبًا إلى جنب عملية التوقُّع المتواصلة لدينا، هو مصدر إحساسنا بالزمن، وبذواتنا بوصفها ذواتنا(14). فكِّر في هذا الأمر: استبطانُنا قادر بسهولة على تخيّل ذاته من دون وجود مكان أو مادة، لكن هل بوسعه تخيّل ذاته غيرَ موجودة في الزمن؟(15).

إزاء هذا النظام الفيزيائي الذي ننتمي إليه، وبسبب الطريقة الفريدة التي نتفاعل بها مع بقية العالم، وبفضل حقيقة كون الزمن يخلِّف آثارًا، ولأننا، ككيانات فيزيائية، مؤلَّفون من ذاكرة وتوقُّع، ينفتح منظور الزمن أمامنا، مثل فُسحتنا الصغيرة المضاءة(16). الزمن يفتح سبيلنا المحدود إلى العالم(17). الزمن، إذًا، هو الصيغة التي نتفاعل من خلالها، نحن الكائنات التي جُبلَت أدمغتُها بالأساس من الذاكرة والتنبؤ، مع العالم: إنه مصدر هويتنا(18).

ومصدر معاناتنا أيضًا.

لقد لخّص بوذا هذا الأمر في بضع مواعظ تبنَّاها ملايين البشر كأساسات لحيواتهم: الولادة معاناة، الأفول معاناة، المرض معاناة، الموت معاناة،

الاتحاد بما نَكْره معاناة، الانفصال عمّا نحبُّ معاناة، الفشل في الحصول على ما نشتهيه معاناة(19). كلّها معاناة لأننا نخسر بالضرورة ما لدينا وما ارتبطنا به. لأن كل شيء يبدأ، بالضرورة، ينتهي. ما يجعلنا نعاني ليس هو الماضي أو المستقبل: إنه هناك، الآن، في ذاكرتنا، في توقّعاتنا. نحن نتحرّق شوقًا إلى زمنٍ لا محدود، نتحمّل مرور الزمن: نعاني من الزمن. الزمن معاناة.

هذا هو الزمن، ولهذا السبب يَفتنُنا ويُكدِّرنا على حدٍّ سواء - وربما لهذا السبب أيضًا، عزيزي القارئ، أخي، أختي، تمسِكُ أنت بهذا الكتاب في يديك. لأن الزمن ليس إلا بِنيةً عابرةً للعالم، ذبذبةً زائلة في حدوث العالم، قادرةً على أن تُفضي إلى ما نحن عليه: كينونات مصنوعة من الزمن. إنه ذلك الذي ندين له بكينونتنا، الذي يمنحنا الهبة الثمينة التي هي وجودنا ذاته، ويسمح لنا بخلقِ وهمٍ عابر بالديمومة هو أصل كل معاناتنا.

هذا ما تتغنى به موسيقى شتراوس وكلمات هوفمانستال برهافة بالغة(20):

أتذكّرُ فتاةً صغيرةً...

لكنْ كيف لذلك أن يكونَ...

يومًا كنتُ أنا «رِيسِي» الصغيرة تلك،

ثم أصبحتُ امرأةً عجوزًا بين عشيّة وضُحاها؟

... إذا كانت تلك مشيئةَ الرّب، فلماذا سمحَ لي برؤيتها؟

لماذا لم يُخْفِها عن عينيّ؟

كل شيء لغزٌ، لغزٌ غامضٌ سحيق...

أشعر بهشاشة الأشياء في الزمن.

ومن أعماق قلبي، أشعر بأننا

لا ينبغي أن نتشبّث بأي شيء.

كل شيء ينزلق من بين أصابعنا.

كل ما نسعى للتمسّك به يتحلّل.

كل شيء يتبدّد، كالضباب والأحلام...

غريبٌ هو الزمن.

عندما لا نحتاجه، يصيرُ لا شيء.

ثم، فجأة، يصيرُ لا شيءَ سواه.

إنه في كل مكان من حولنا. بل وبداخلنا.

إنه يتسرّب إلى وجوهنا.

يتسرّب إلى المرآة، ينسابُ داخل صدغيّ...

بينك وبيني يجري صامتًا، مثل ساعة رملية،

آه يا «كِنكِن»

أحيانًا أشعر به يتدفّق بلا هوادة.

أحيانًا أنهض في منتصف الليل

وأُوقِف كل الساعات...

١٣ - مصادرُ الزَّمَنِ

ربما يخبّئ لنا الربُّ

فصولًا أخرى عديدةً -

وربما يكون آخرَها

هذا الشتاءُ

الذي يُعيد الأمواجَ

إلى البحرِ التيرانيّ

لتتكسَّر

على الجروف الخشنة المجبولة من حَجَر الخُفاف.

عليكَ أن تتحلّى بالحكمة. صُبّ النبيذَ

واحبِس في هذه الدائرةِ القصيرةِ

أملَكَ القديمَ المنشودَ. (I, 11)

بدأنا من صورة الزمن المألوفة لدينا: شيء يتدفّق بشكل موحَّد ومتساوٍ عبر الكون، وفي مَجراه تحدُث كل الأشياء. من فكرة وجود حاضر عبر الكون، «آن» now، يمثّل الحقيقة. الماضي بالنسبة إلى الجميع ثابت، انقضى، حدثَ بالفعل، المستقبل مفتوح، لم يتحدّد بعد. الحقيقة تتدفّق من الماضي، عبر الحاضر، باتجاه المستقبل - وتطوُّر الأشياء بين الماضي والمستقبل غير متناظرٍ في جوهره. تلك، ظَنَنَّا، هي البِنيَة الأساسية للعالم.

هذه الصورة المألوفة انهارت وتحطّمت، وظهر أنها ليست إلا تقريبًا لحقيقة أكثر تعقيدًا بكثير.

لا وجودَ لحاضرٍ مشتركٍ عبر الكون بأكمله (الفصل الثالث). الأحداث ليست مرتّبة في ماضيات، وحاضرات، ومستقبلات؛ إنها مرتّبة «جزئيًّا» فقط. ثمة حاضر قريب منا، لكن لا وجود لـ«حاضر» في مجرّة بعيدة. الحاضر ظاهرة محلية، لا عالمية.

الفارق بين الماضي والمستقبل غير موجود في المعادلات الأولية التي تحكم الأحداث في العالم (الفصل الثاني). إنه ينبع فقط من حقيقة أن العالَم، في الماضي، وجد نفسه عُرضةً لحالة تبدو، في نظرتنا المشوّشة للأشياء، معيّنة بالنسبة لنا.

على الصعيد المحلي، يمرّ الزمن بسرعات مختلفة وفقًا لمكاننا والسرعة التي نتحرّك بها نحن أنفسنا. كلما اقتربنا من كتلة ما (الفصل الأول)، أو كلما تحرّكنا أسرع (الفصل الثالث)، تباطأ الزمن: ما مِن فترة زمنية واحدة بين حدثين؛ هناك الكثير من الفترات الزمنية الممكنة.

الإيقاع الذي يتدفق به الزمن يتحدّد بفعل المجال الجذبيّ، وهو كيانٌ حقيقي له ديناميّته الخاصّة تصِفَه معادلات أينشتاين. إذا تغاضينا عن التأثيرات الكَميّة، يصير الزمن والمكان مَلمَحينْ لهلامٍ هائل نعيش مغمورين فيه (الفصل الرابع).

لكنّ العالم هو عالم كَمّي، والزمكان الهلامي، بدوره، ليس إلا تقريبيًا. في القواعد اللغوية الأوليّة للعالم، لا وجودَ لا لمكان ولا لزمن - فقط سيرورات تُحوِّل المقادير الفيزيائية من واحد إلى آخر، ومن تلك السيرورات يمكن حساب الاحتمالات والعلاقات (الفصل الخامس).

هكذا، على المستوى الأكثر أساسية بحسب معرفتنا الحالية، هناك القليل مما يشبه الزمن كما نعيشه. لا جود لمتغيّر خاص يسمى «الزمن»، لا فارقَ بين الماضي والمستقبل، لا وجود للزمكان (القسم الثاني). ما زلنا نعرف كيفية كتابة معادلات تصِف العالم. في تلك المعادلات، تتطوّر المتغيِّرات بعضها إزاء بعض (الفصل الثامن). إنه ليس عالـمًا «ساكنًا»، أو «كتلة كونية» حيث كل التغيرُّ وهمي (الفصل السابع): على العكس، عالمنا عالمٌ من الأحداث لا من الأشياء (الفصل

السادس).

كان هذا شوط الذهاب من الرحلة، باتجاه كَوْنٍ من دون زمن.

أما شوط العودة فكان محاولة فهم كيف يمكن أن ينشأ إدراكنا للزمن من عالم كهذا؛ عالم بلا زمن (الفصل التاسع). وكانت المفاجأة هي أننا، نحن أنفسنا، لعبنا دورًا في نشوء الجوانب المألوفة من الزمن. من منظورنا الخاص - منظور الكائنات التي تُكوِّن جزءًا صغيراً من العالم - نرى أن العالم يتدفّق في الزمن. تفاعُلنا مع العالم تفاعلٌ جزئي، وهذا هو السبب الذي يجعلنا نراه بطريقة مشوّشة. ويُضاف إلى هذا التشوّش اللاحتميّة الكَميّة. والجهل الذي ينتج عن هذا يُحدّد وجود متغيرٍّ معيّن - الزمن الحراري (الفصل التاسع) - ووجود إنتروبيا تُكمِّم حيرتنا [أي تقيسها كمّيًّا].

لعلّنا ننتمي إلى مجموعة فرعيّة معينة من العالم تتفاعل مع بقيّته بطريقة تجعل هذه الإنتروبيا منخفضة في أحد اتجاهي زمننا الحراري. هكذا، فإن اتجاهيّة الزمن حقيقيّة لكنها منظوريّة (الفصل العاشر): إنتروبيا العالم بالنسبة إلينا تزداد مع زمننا الحراري. نحن نرى حدوث الأشياء مرتّبًا في هذا المتغيرِّ، الذي نسميه ببساطة «زمنًا»، وتزايُد الإنتروبيا يميّز الماضي عن المستقبل بالنسبة إلينا ويقود إلى تكشُّف الكون. إنه يحدِّد وجود آثار الماضي، مخلَّفاته وذكرياته (الفصل الحادي عشر). ونحن البشر ثمرة لهذا التاريخ العظيم من تزايد الإنتروبيا، متماسكون معًا بفعل الذاكرة التي تُمكِّنها تلك الآثار. كلٌ منا كيانٌ موحَّد لأننا نعكس العالم، لأننا شكَّلنا صورةً لوجودٍ موحَّد عن طريق التفاعل مع بني جنسنا، ولأن منظورَنا لهذا للعالم موحَّدٌ بفعل الذاكرة (الفصل الثاني عشر). من هنا يأتي ما نسميه «تدفّق» الزمن. هذا ما نُصغي إليه عندما نُصغي إلى مرور الزمن.

المتغيرّ المسمَّى «الزمن» هو واحد من بين متغيرّات عديدة تَصِف العالم. هو واحد من المتغيرّات الخاصّة بالمجال الجذبيّ (الفصل الرابع): على مقياسنا، نحن لا نُسجِّل التقلّبات الكَميّة [بمعنى أننا لا ننتبه إليها] (الفصل الرابع): ومن

ثم فمن الممكن التفكير في الزمكان بوصفه حتميًّا، بوصفه الحيوان الرخوي العملاق الذي تحدّث عنه أينشتاين(********)؛ على مقياسنا، نرى حركات هذا الرخوي صغيرة ويمكن التغاضي عنها. من ثم، نستطيع التفكير في الزمكان بوصفه جامدًا مثل طاولة. هذه الطاولة لديها أبعاد: البُعد الذي يمكننا تسميته المكان، والبعد الذي تزداد الإنتروبيا على امتداده، المسمى الزمن. في حياتنا اليومية نتحرّك بسرعات منخفضة بالنسبة إلى سرعة الضوء ومن ثم لا نُدرك التفاوتات بين الأزمنة الاعتيادية المختلفة التي تسجّلها الساعات المختلفة، والاختلافات في السرعة التي يمرّ بها الزمن على مسافات مختلفة من كتلة صغيرة، أصغر من أن نميّزها.

بالتالي، في النهاية، عوضًا عن الكثير من الأزمنة الممكنة، نستطيع الحديث عن زمن واحد فقط، زمن خبرتنا: الموحَّد، الكوني، والمنتظم. هذا هو تقريبٌ التقريب لوصف العالم المؤلَّف من منظورنا المعينَّ كبشرٍ نعتمد على تزايد الإنتروبيا، عالقين في تدفّق الزمن. نحن الذين لأجلنا، كما وَرَدَ في سِفْر الجامعة(1)، ثمة زمن للولادة وزمن للموت.

هذا هو الزمن بالنسبة إلينا: مفهومٌ معقدٌ متعدّدُ الطبقات يمتلك خصائصَ عدة مميِّزة تنشأ عن تقريبات مختلفة متنوعة.

يصيب الارتباك قدرًا كبيراً من النقاشات حول مفهوم الزمن لأنها، ببساطة، لا تنتبه إلى جانبه المعقّد متعدّد الطبقات. إنها ترتكب خطأ عدم الانتباه إلى كون الطبقات المختلفة مستقلّة.

هذه هي البِنيَة الفيزيائية للزمن كما أفهمها، بعد حياة كاملة من الدوران حوله.

الكثير من أجزاء هذه القصة متينٌ راسخ، وبعضها وجيهٌ منطقي، وبعضها لا يزال مجرد تخمينات مجترأة في محاولة لفهم الصورة الكليّة.

فعليًّا، ما ورَدَ في القسم الأول من الكتاب قد تأكَّد من الخبرات التي لا تُحصى: تباطؤ الزمن وفقًا للارتفاع والسرعة؛ عدم وجود الحاضر؛ العلاقة بين الزمن

والمجال الجذبيّ؛ حقيقة أن العلاقات بين الأزمنة المختلفة ديناميكية، أن المعادلات الأولية لا تميّز اتجاه الزمن؛ العلاقة بين الإنتروبيا والتشوّش. كل هذا جرى التحقق منه جيدًا(2).

امتلاك المجال الجذبيّ لخصائص كَميّة أمرٌ متفَقٌ عليه، وإن كان مدعومًا، إلى الآن، بحجج نظرية لا ببراهين تجريبية.

غياب متغيرِّ الزمن من المعادلات الأساسية، كما ناقشناه في القسم الثاني، أمرٌ وجيهٌ - بيدَ أن الجدل لا يزال محتدمًا حول صياغة تلك المعادلات. أصل الزمن المتعلّق باللاتبادليّة الكَميّة، وبالزمن الحراري، وبحقيقة أنّ تزايد الإنتروبيا الذي نلاحظه يعتمد على تفاعلنا مع الكون هي أفكار أجدها فاتنة لكنها أبعد من أن تكون مثبَتة أو مقبولة على نطاق واسع.

لكن المؤكّد تمامًا هو الحقيقة العمومية القائلة بأن البِنيَة الزمنية للعالم مختلفة عن الصورة الساذجة التي نرسمها له. هذه الصورة الساذجة مناسبة لحياتنا اليومية، لكنها ليست مناسبة لفهم العالم في ثناياه الدقيقة أو في امتداده الشاسع. وغالب الظن أنها ليست كافية حتى لفهم طبيعتنا ذاتها، لأن لغز الزمن يتقاطع مع لغز هويتنا الشخصية، مع لغز الوعي.

لغز الزمن طالما أزعجنا، وأثار لدينا مشاعر عميقة - عميقة إلى درجة أنها غذّت الفلسفات والأديان.

أنا أعتقد، كما يقترح هانز رايشنباخ في أحد أبلغ كتبه حول طبيعة الزمن، «اتجاه الزمن» The Direction of Time، أن الرغبة في الهروب من القلق الذي يسبّبه لنا الزمن هي ما جعلت بارمنيدِس يرغب في إنكار وجوده، هي ما جعلت أفلاطون يتخيل عالـمًا من الأفكار موجودًا خارجه، وهي ما جعلت هيغل يتحدّث عن لحظة يسمو فيها «الروح» Spirit عن الزمنيّة ويعرِف ذاته في كليّته. الرغبة في الهروب من هذا القلق هي التي تجعلنا نتخيّل وجود «أبديّة»، عالم غريب خارج الزمـــن نـــرغب فـــي أن يكـــون مســـكونًا بالآلـــهة، أو الـــربّ، أو الأرواح الخالدة(********). لقد أسهم موقفنا بالغ العاطفية تجاه الزمن في تشييد

كاتدرائيات الفلسفة أكثر مما أسهم المنطقُ أو العقلُ. وأفضى الموقف العاطفي العكسي، تبجيل الزمن - الذي اتخذه هرقليطس أو برغسون - إلى نشوء عددٍ مماثل من الفلسفات، من دون أن نقترب ولو خطوة واحدة من فهم ماهية الزمن.

الفيزياء تساعدنا على اختراق طبقات من هذا اللغز. إنها تبيِّن لنا كيف تختلف البنية الزمنية للعالم عن إدراكنا له. تمنحنا الأمل في أن نستطيع دراسة طبيعة الزمن بمعزل عن الضباب الذي تُسببه عواطفنا.

لكنّ سعينا وراء الزمن، الذي جعلنا نبتعد أكثر فأكثر عن ذواتنا، أوصلنا إلى اكتشاف شيء عن ذواتنا، ربما - تمامًا مثلما انتهى كوبرنيكوس، عن طريق دراسة حركة السماء، إلى فهم حركة الأرض تحت قدميه. في نهاية المطاف، ربما لا يكون البعد العاطفي للزمن هو غلالة الضباب التي تمنعنا من استيعاب طبيعة الزمن موضوعيًّا.

ربما عاطفة الزمن هي الزمن بالنسبة إلينا.

لا أظن أن بمقدورنا أن نفهم أكثر من ذلك. بإمكاننا أن نطرح المزيد من الأسئلة، لكن يجب أن نتوخى الحذر مع الأسئلة التي لا تُمكن صياغتها على نحو سليم. عندما نكتشف كل جوانب الزمن التي يمكن الحديث عنها، عندها نكون قد اكتشفنا الزمن. قد نُشير بطَيْشٍ إلى إحساس مباشر بالزمن يتجاوز ما نستطيع صياغته («طيّب، لكن لماذا ‹يمرّ›؟»)، لكنني أعتقد بأننا عند هذه النقطة نخلط بين القضايا فحسب، محاولين، على نحو غير مشروع، تحويل الكلمات التقريبيّة إلى أشياء. عندما لا نستطيع صياغة مشكلة ما بدقة، لا يكون ذلك، غالبًا، لأن المشكلة عميقة، وإنما لأنها زائفة.

هل سنتمكّن من فهم الأمور على نحو أفضل في المستقبل؟ أظن ذلك. لقد ازداد فهمنا للطبيعة على نحو تدور له الرؤوس على مدار القرون، ونحن نواصل التعلُّم. إننا نلمَح شيئًا بشأن لغز الزمن. نستطيع أن نرى العالم من دون زمن: نستطيع، بعين عقلنا، إدراك البِنيَة العميقة للعالم حيث لا يعود الزمن الذي

نعرفه موجودًا - مثل «الأحمق على التل» الذي يرى الأرض تدور عندما يرى الشمس الغاربة. ونبدأ في إدراك أننا نحن الزمن. نحن هذا المكان، هذه الباحة التي تفتحها آثار الذاكرة داخل الوصلات التي تربط بين خلايانا العصبية. نحن ذاكرة. نحن حنين. نحن اشتياقٌ للمستقبل الذي لن يأتي. الباحة التي انفتحت على هذا النحو، بالذاكرة وبالتوقّع، هي الزمن: مصدر المعاناة أحيانًا، لكنه، في نهاية المطاف، هبةٌ جبارة.

إنه معجزة ثمينة فتحتها لنا لعبة التنويعات اللانهائية، سامحةً لنا بالوجود. لعلّنا نبتسم الآن. يمكننا أن نرجع إلى الغوص الهادئ في الزمن - في زمننا المتناهي - إلى التلذّذ بالقوّة الصافية لكل لحظة عابرة وغالية من دورة وجودنا القصيرة المقتضَبة.

(********) شبَّه أينشتاين، في كتابه «النسبية: النظرية الخاصّة والعامّة»، الساعات التي نقيس بها الزمن بـ«الحيوان الرخوي العملاق»، الذي، في حركته البطيئة، لا يُغيرِّ مكانه فحسب، بل يغيرِّ شكله أيضًا. (المترجم)

(********) ثمة شيء بالغ الإثارة في أن ملاحظة رايشنباخ هذه، الواردة في كتاب يتصدّى بالأساس للزمن وَضَعَه فيلسوفٌ تحليلي، تبدو قريبة للغاية من الأفكار التي تنبع منها تأملات هايدغر. فما تلا ذلك من تبايُن كان هائلًا: رايشنباخ يبحث في الفيزياء عمّا نعرفه عن الزمن في العالم الذي نُشكِّل جزءًا منه، بينما ينشغل هايدغر بماهية الزمن في الخبرة الوجودية للبشر. إنهما صورتان للزمن مختلفتان تمام الاختلاف. فهل هما متعارضتان بالضرورة؟ وما الذي يجعلهما تتعارضان؟ إنهما تتقصّيان مشكلتين مختلفتين: واحدة تتقصّى البُنى الزمنية الفعلية للعالم التي يتبيّن لنا، يومًا بعد يوم، مع اتساع نظرتنا، أنها تزداد اهتراءً؛ والثانية تتقصّى الجانب التأسيسي الذي تمتلكه بِنيَة الزمن **لأجلنا**، لأجل إحساسنا الملموس بـ«الكينونة في العالم».

شقيقةُ النَّوْمِ

قوسُ أيامِنا القصيرُ،

يا سيستيوس،

يَحرِمنا من إطلاقِ

آمالٍ بعيدة. (I, 4)

في القسمِ الثالث من ملحمة البهابهارتا الهندية العظيمة، تُوجِّه روحٌ قوية اسمها ياكسا سؤالًا ليودشتيرا، أكبر الأخوة باندافا سنًّا وأكثرهم حكمة: ما هو أعظم الألغاز قاطبةً؟ ويتردّد الجواب الذي يعطيه عبر آلاف السنين: «كل يوم يموت عددٌ لا يحصى من الناس، ومع ذلك يعيش من يبقون على قيد الحياة كما لو كانوا خالدين»(1).

لن أتمنّى العيش كما لو كنتُ خالدًا. أنا لا أخاف الموت. أخاف المعاناة. وأخاف التقدّم في السن، وإنْ بدرجةٍ أقل الآن بعد إذ شهدتُ أبي في شيخوخته، منعَّمًا بالسكينة والسرور. أخاف الوهن، وغياب الحب. لكنّ الموت لا يفزعني. لم يُخفْني وأنا صغير، وظننتُ عندها أن ذلك راجعٌ لكونه شبحًا بعيدًا. لكنْ الآن، وأنا في الستين، لم يصلني الخوف من الموت بعد. أنا أحب الحياة، لكنّ الحياة أيضًا صراعٌ، معاناةٌ، ألمٌ. أفكِّر في الموت كصنوٍ لراحة مستحقَّة. باخ يسميه، في أنشودته البديعة، الكانتاتا BWV 56، شقيقةُ النوم. شقيقةٌ حنونٌ، تُسارع بإغلاق عينيّ والتربيت على رأسي.

أيوب مات شيخًا وكان «شبعَان الأيام». إنه تعبير بديع. أنا، أيضًا، أودّ لو أصل إلى النقطة التي أشعر فيها أنني «شبعان الأيام»، وأن أُغلق، بابتسامةٍ، الدائرة الوجيزة التي هي حياتي. ما زال بوسعي الاستمتاع بالحياة، أجل، ما زلتُ أستمتع بانعكاس القمر على صفحة البحر، بقبلات المرأة التي أحبها، بحضورها الذي يعطي معنًى لكل شيء؛ ما زلتُ ألتهم عصريّات الأحد تلك في البيت شتاءً،

ممدّدًا على الأريكة، أملأ صفحاتٍ بالرموز والمعادلات، حالـمًا بالقبض على سرٍّ آخر صغير من آلاف الأسرار التي لا تزال تحيط بنا... أحبُّ أن أتطلّع إلى الاستمرار في الارتشاف من هذه الكأس الذهبية، إلى حياة زاخرة، وادعة وعنيفة، رائقة وغامضة، غير متوقَّعة... لكنني تجرّعتُ بالفعل قدرًا كبيراً من هذه الكأس الحلوة المرّة، وإذا جاءني مَلَكٌ ليقبض على روحي الآن، قائلًا: «كارلو، لقد حان الأجل»، لما سألته أن يمهلني إلى أن أكمل هذه الجملة. سأرفع رأسي وأبتسم له، ثم أتبعه.

خوفُنا من الموت يبدو لي خطأً من أخطاء التطور. الكثير من الحيوانات تتعامل على نحو غريزي مع الرعب وتلوذ بالفرار عند اقتراب حيوان مفترس. إنها ردّة فِعل صحّية، تسمح لنا بالهروب من الخطر. لكنه الرعب الذي يبقى للحظة واحدة، لا ذلك الذي يبقى مستمرًّا معها. لقد أنتج الانتخاب الطبيعي تلك القردة الكبيرة ذات الفصوص الجبهيّة الدماغية المتضخّمة، التي تمتلك قدرات مبالَغ فيها على التنبؤ بالمستقبل. إنه امتيازٌ مفيد بالتأكيد، لكنه وَضَع نُصب أعيننا رؤيةً لموتنا المحتوم، وهذا قَدَحَ زناد غرائز الرعب والفرار. باختصار، أنا أؤمن بأن الخوف من الموت هو نتاج تداخُلٍ عارِضٍ وأخرق بين ضَغْطين تطوّريين متمايزين - نتاجٌ للتوصيلات السيئة في أدمغتنا أكثر مما هو نتاجٌ لشيء له أيّ فائدة أو معنى. كل شيء يعيش لفترة محدودة، حتى الجنس البشري نفسه. («الأرض فقدت فتوَّتها؛ لقد مضَت، مثل حلم سعيد. والآن، أصبح كل يوم يقرِّبنا أكثر من الدمار، من الصحراء...»، بحد تعبير فياسا، في المهابهارتا)(2). الخوف من الانتقال، خِشية الموت، يُشبه خِشية الحقيقة نفسها؛ خِشية الشمس. فلأيّ سبب؟

هذه هي الرواية المنطقية. بيدَ أنّ حياتنا ليست مدفوعة بالحجج المنطقية. العقل يساعدنا على توضيح الأفكار، على اكتشاف الأخطاء. لكن العقل نفسه يبيِّن لنا أيضًا أن الدوافع التي نتصرّف بموجبها محفورةٌ في بِنيَتنا الحميمة كثدييات، كصيادين، ككيانات اجتماعية: العقل ينير لنا تلك الارتباطات، لا يخلقها. لسنا، في المقام الأول، كائنات عاقلة مدبرة، لعلّنا كذلك، على نحو أو

آخر، في المقام الثاني. في الوهلة الأولى، نحن مدفوعون بالعطش إلى الحياة، بالجوع، بالحاجة إلى الحب، بغريزة العثور على مكان في المجتمع البشري... أما الوهلة الثانية فليس لها وجود من دون الوهلة الأولى. العقل حَكَمٌ يَفصِل بين الغرائز لكنه يستغل الغرائز نفسها كمعايير أولية في حُكمه. إنه يسمّي الأشياء ويسمّي هذا العطش، يسمح لنا بتجاوز العقبات، برؤية الأشياء المخفيّة. يسمح لنا بمعرفة ذلك القدر الهائل من استراتيجياتنا القاصرة، ومعتقداتنا الخاطئة، وأهوائنا المتحيّزة. لقد تطوّر لكي يساعدنا على فِهم أن الآثار التي نتتبّعها، ظانين أنها ستقودنا إلى الظباء التي نطاردها، هي في الحقيقة آثارٌ زائفة. بيدَ أنّ ما يدفعنا ليس التأمُّل في الحياة: بل الحياة نفسها.

إذًا، ما الذي يدفعنا حقًّا؟ أمرٌ يصعب الجزم به. ربما لا نعرف تمامًا. إننا نلاحظ الدوافع في ذواتنا. نعطي أسماءً لتلك الدوافع، ولدينا منها الكثير. ونحن نعتقد أننا نشارك بعضها مع حيوانات أخرى؛ والبعض الآخر مع بني البشر فقط - وبعضًا ثالثًا مع مجموعات أصغر نرى أنفسنا ننتمي إليها. الجوع والعطش، الفضول، الحاجة إلى الرفقة، الرغبة في الحب، الوقوع في الحب، السعي وراء السعادة، الحاجة إلى الكفاح من أجل إحراز مكانة في العالم، الرغبة في نيل التقدير، والاعتراف، والحب؛ الإخلاص، الشرف، حب الربّ، التعطش إلى العدالة والحرية، الرغبة في المعرفة...

من أين تأتي كلُّ هذه؟ من الطريقة التي جُبلنا بها، مما نحنُ عليه. نحن منتجات عملية انتخاب طويلة للبُنى الكيميائية والبيولوجية والثقافية التي ظلت تتفاعل لزمن طويل على مستويات مختلفة لكي تشكّل السيرورة الغريبة التي هي نحن. تلك السيرورة التي لا نفهم منها إلا أقل القليل، عن طريق التأمّل في ذواتنا، عن طريق النظر إلى ذواتنا في المرآة. نحن أكثر تعقيدًا مما تستطيع مَلَكاتُنا العقلية استيعابه. تَضخُّم فصوصنا الأمامية الدماغية ملحوظٌ، وقد أَخَذَنا إلى القمر، وسَمَحَ لنا باكتشاف الثقوب السوداء ومعرفة أننا أبناء عمومة للخنافس المرقَّطة. لكنه لا يزال غير كافٍ لأن يسمح لنا بشرح ذواتنا لذواتنا بوضوح.

نحن حتى لسنا واضحين حيال ما يعنيه «الفَهم». نحن نرى العالم ونَصِفَه: نُسبغ

عليه نظامًا. نحن لا نعرف إلا القليل عن العلاقة الحقيقية بين ما نراه من العالم والعالم نفسه. نحن نعرف أننا نعاني من قصر النظر. نحن نرى، بالكاد، مجرد نافذة ضئيلة من الطيف الكهرومغناطيسي الهائل المنبعث من الأشياء. نحن لا نرى البُنى الذريّة للمادّة، ولا انحناء المكان. نحن نرى عالـمًا مُحكمًا نستنبطه من خلال تفاعلاتنا مع الكون، منتظمًا بأبسط المعاني التي يستطيع عقلنا شديد الغباء التعامل معها. نحن نفكّر في العالم من حيث هو أحجار، وجبال، وسحاب، وبشر، وهذا هو «العالم بالنسبة إلينا». أمّا عن العالم المنعزل عنّا فنعرف قدرًا لا بأس به، لكن من دون أن نعرف حجم هذا القَدْر الذي لا بأس به.

تفكيرنا واقعٌ فريسةً لوَهَنِه ذاته، لكنه واقعٌ فريسةً أكبر لقواعده اللغوية ذاتها. لا يستغرق الأمر إلا بضعة قرون لكي يتغيّر العالم: من الشياطين والملائكة والساحرات إلى الذرّات والموجات الكهرومغناطيسية. لا يستغرق إلا بضعة غرامات من الفِطر الـمُهلوِس لكي تتداعى الحقيقة بأكملها أمام أعيننا، قبل أن تعود وتُنظّم نفسها في شكل مختلف على نحو مدهش. لا يستغرق إلا خبرة قضاء بعض الوقت مع صديقةٍ عانَت من نوبة فصام خطيرة، بضعة أسابيع في صراع من أجل التواصل معها، لإدراك أن الهذيان آليّة مسرحية هائلة قادرة على عرض العالم على الخشبة، وأنه من الصعب العثور على حُجج لتمييزها عن تلك الهذيانات الجمعيّة العظمى - لدينا جميعًا، التي هي أحجار الأساس لحياتنا الاجتماعية والروحية، ولفهمنا للعالم. بعيدًا، ربما، عن العزلة - عن هشاشة هؤلاء الذين يعزلون أنفسهم عن النظام المألوف للأشياء...(3). لقد تطوّرت رؤيتنا للحقيقة، وللهذيان الجمعيّ الذي نظّمناه، واتضح أنها نجحت على نحو معقول جدًّا في الوصول بنا إلى هذه النقطة. كانت الأدوات التي اكتشفناها للتعامل مع تلك الرؤية وصَوْنها كثيرة ومتعدّدة، وقد كشف العقل نفسه بوصفه واحدًا من أفضل هذه الأدوات. إنه نفيسٌ لا يقدّر بثمن.

لكنه مجرّد أداة، كمّاشة. نستخدمه للتعامل مع جوهرٍ مجبول من نار وثلج: شيء نعيشه بوصفه مشاعر حيّة وملتهبة. تلك هي الجواهر التي جُبِلنا منها. إنها تدفعنا إلى الأمام وتجرُّنا إلى الخلف، ونحن نُسربلها بكلمات رقيقة. إنها ترغمنا

على الفعل. ودائماً ما ينفلت شيء منها في منظومة نقاشاتنا، إذ إننا نعرف أن كل محاولة لفرض النظام، في نهاية المطاف، تترك شيئًا ما خارج الإطار.

ويبدو لي أن الحياة، هذه الحياة القصيرة، ليست إلا هذا: الصرخة الملحّة لتلك المشاعر التي تدفعنا، التي نحاول أحياناً توجيهها، باسم إلهٍ ما، أو معتقدٍ سياسيٍّ ما، في طقسٍ يُطمئننا أن كل شيء، في جوهره، منتظم، وفي حالة حبٍّ عظيم لا محدود - وهي صرخة جميلة. أحياناً تكون صرخة أمل. أحيانا تكون أغنيةً.

والأغنية، كما لفتَ أوغسطين، هي الوعي بالزمن. إنها هي الزمن. إنها ترنيمة الفيدا [كتاب الهندوسية المقدس] التي هي نفسها ازدهار الزمن(4). أغنية الكمان الطويلة في لحن «التبريك»، من قدّاس «ميسا سولمينس» لبيتهوفن، جمالٌ خالصٌ، قنوطٌ خالصٌ، متعةٌ خالصةٌ. نجد أنفسنا عالقين، نكتم أنفاسنا، نشعر على نحو غامض بأن هذه الأغنية، لا ريب، هي مصدر المعنى. بأنها هي مصدر الزمن.

ثم تخبو الأغنية وتتوقّف. «ينفَصمُ حبل الفضّة، أو ينسحِقُ كوزُ الذهب، أو تنكسِرُ الجرّة على العَيْن، أو تنقصفُ البكَرةُ عند البئر، فيرجعُ الترابُ إلى الأرض كما كان»(5). وهذا أمرٌ طيب. بإمكاننا أن نُغمض عيوننا، ونستريح. كل هذا يبدو لي حسنًا وجميلًا. هذا هو الزمن.

مصادر الصور

صفحات 18، 26، 40، 71، 79: © 2017 - Peyo، عبر I. M. P. S (بروكسل) - www.smurf.com.

صفحة 32: لودفيغ بولتسمان، طباعة حجرية لرودولف فينسي Rodolf Fenzi (1899). © Hulton Archive/ Getty Images.

صفحة 58 (على اليمين): يوهانيس ليشتنبرغر Johannes Lichtenberger، نحت لكونراد سيفر Conrad Sifer (1493)، ساعة شمسية لكاتدرائية استراسبورغ، © Gilardi Photp Library.

صفحة 62 (على اليمين): تمثال نصفي لأرسطو © Agostini/ Getty Images.

صفحة 62 (على اليسار): إسحق نيوتن، نحتٌ لإدوراد هودجيز بَيلي Edward Hodges Baily (1828)، بعد لوي فرانسوا دو روبيلياك Louis - Francois de Roubiliac (1751)، المعرض الوطني للبورتريه»، لندن». © National Portrait Gallery, London/ Foto Scala, Florence.

صفحة 112: توماس تيمان، «ديناميّة الرغوة المغزليّة الكَميّة، بعيون فنان» *Dynamic of Quan tum Spin Foam,seen through the eys of an artist*، © Thomas Thiemann (FAU Erlangen)، معهد ماكس بلانك للفيزياء الجذبيّة (معهد ألبرت أينشتاين)، وكالة «ميلد ماركتينغ» لتوصيل العلوم، بتأثيرات exozet.

صفحة 136: هيلدغارد من بينغن، في «كتاب الأعمال الإلهية»

Liber Divinorum Operum ,Codex Latinus 1942 (XIII century), c. 9.

مكتبة ستاتالي، مدينة لوكا الإيطالية. © Foto Scala, Florence بإذن من وزارة التراث والأنشطة الثقافية.

مسرد الأعلام

أرسطو Aristotle

أرمسترونغ Armstrong

أفلاطون Plato

ألدرين Aldrin

أناكسيمندر Anaximander

(القديس) أوغسطين St. Augustine

إيزيدور الإشبيلي Isidore of Seville

إيشام، كريس Isham, Chris

أينشتاين، ألبرت Einstein, Albert

برغسون Bergson

بطليموس Ptolemy

بولتسمان، لودفيغ Boltzmann, Ludwig

بنروز، روجر Penrose, Roger

بيتهوفن Beethoven

بيدي المبجل Venerable Bede

بيسو، ميشيل Bisso, Michele

توريتشيللي Torricelli

تومبيه، إيتيانTempier, Étienne

ديراكDirac

ديكارتDescartes

ديمقريطوسDemocritus

ديويت، برايسDeWitt, Bryce

راسل، برتراندRussell, Bertrand

رايشنباخ، هانزReichenbach, Hans

روبسبيرRobespierre

ريلكهRilke

سوفوكليسSophocles

شتراوسStrauss

شرودنغرSchrödinger

الشيرازي، سعديShirazi, Saadi

غاليليوGalileo

غودِل، كورتGödel, Kurt

كارنو، ساديCarnot, Sadi

كارنو، لازارCarnot, Lazare

كانطKant

كِبلرKepler

كلاوزيوس، رودولف Clausius, Rudolf

كوبرنيكوس Copernicus

كوتشار، كاريل Kuchar, Karel

كولودي Collodi

كون، آلان Connes, Alain

لايبنتس Leibniz

ماتيس Matisse

ماكسويل Maxwell

مايكل أنجلو Michelangelo

مكارتني، بول McCartney, Paul

موسى بن ميمون Maimonides

نيوتن Newton

هايدغر، مارتن Heidegger, Martin

هايزنبرغ Heisenberg

هرقليطس Heraclitus

هوسِرل Husserl

هوفمانستال Hofmannsthal

هيغل Hegel

هيلدغارد من بينغنHildegard of Bingen

هيومHume

ويلر، جونWheeler, John

ويليام الأوكاميWilliam of Ockham

مسرد المصطلحات

الأبديّة Eternalism

اتجاهي Directional

الاتجاهية Directionality

استبقاء Retention

احتماليّ Probabilistic

استباق Protention

إنتروبيا Entropy

اندماج نووي Nuclear fusion

بلانك (انظر: ثابت بلانك، زمن بلانك، طول بلانك، مقياس بلانك) Planck

تحبّب Granuality

تذبذب Fluctuation

ترافُق Conjugate

تزامن Simultaneity

تسلسل جزئي Partial order

تشكُّل Configuration

تكميم Quantization

توجيه Orientation

ثابت (رياضي)Constant

ثابت بلانك Planck constant

الجاذبية الكَميّة Quantum gravity

الجاذبية الكَميّة الحلقيّة Loop quantum gravity

جبر فون نيومان اللا-تبادلي Noncommutative von Neumann algebra

جهود معوَّقة (متباطئة) Retarded potentials

الحاضرية Presentism

حتميّ Deterministic

حلقة Loop

خطّي Linear

الدلالة السياقية Indexicality

رغوة مغزليّة (زَبَد مغزليّ) Spinfoam

زخم Momentum

زخم زاوي Angular momentum

الزمكان المنحني Curved spacetime

الزمن الاعتيادي (الزمن الصرف، الزمن المحقَّق) Proper time

زمن بلانك Planck time

الزمن الحراري Thermal time

السبب المشترك (العلّة المشتركة) Common cause

السحابة البدائية Primordial cloud

سرعة متجهة Velocity

شبكة مغزليّة Spin network

طور كمّي Quantum phase

طول بلانك Planck length

التعالي (فلسفة) Transcendentalism

الكتلة الكونية Block universe

لا تبادليّة Noncommutativity

لا حتميّة Indeterminacy

متغيّر (رياضي) Variable

مجال جذبي Gravitational field

مجالات ديراك Dirac fields

مسارات زمنية دائرية Closed temporal lines

مقياس بلانك Planck scale

المكان (الفضاء) الحاوي Container space

موجة جذبيّة Gravitational wave

موضع Position

نظرية الأوتار String theory

نظرية الحلقاتLoop theory

ملاحظات

الزَّمنُ قدْ يكونُ اللغْزَ الأعْظمَ

1 - أرسطو:

Aristotle, *Metaphysics*, I, 2, 982.

2 - ترتيب فكرة الزمن في طبقات نوقش بتعمّق في أعمال مختلفة، من بينها كتاب فريزر:

J. T. Fraser, *Of Time, Passion, and Knowledge*, Braziller, New York, 1975.

3 - لقد أصرّ الفيلسوف ماورو دوراتو على ضرورة استخلاص إطار عمل مفهومي للفيزياء يتّسق مع خبرتنا:

Mauro Dorato, *Che cosê il tempo?*, Carocci, Rome, 2013.

١ - ضياع الوحدة

1 - هذا هو جوهر نظرية النسبية العامة:

A. Einstein, «Die Grundlage der algemeinen Relativitätstheorie», *Annalen der P hysik*, 49, 1916, pp. 769–822.

2 - في تخوم المجال الضعيف، يمكن صياغة الدالة المترية على هذا النحو:

$ds2 = (1+ 2ø)\ x))dt2 - dx2$

حيث (x) ø هي جهد نيوتن. تقوم الجاذبية النيوتنية على التعديل الوحيد للمكون الزمني للدالة المترية g∞، بمعنى: على التباطؤ المحلّي للزمن. وتصف الحسابات الجيوديسية [المتعلّقة بعلم قياس حجم وشكل الأرض] الخاصّة بتلك الدالة سقوط الأجساد: إنها تنحني باتجاه الجهد الأدنى، حيث يتباطأ الزمن.

(هذه الملاحظة وملاحظات أخرى موجّهة للملمّين بالفيزياء النظرية).

3 - انظر روفيللي، بالإيطالية:

Carlo Rovelli, *Che cosê la scienza. La rivoluzione di Anassimandro*, Mondadori, Milan, 2011.

أو في الترجمة الإنكليزية:

The First Scienti st: Anaximander and H is Legacy, Westholme, Yardley, 2011.

4 - على سبيل المثال:

$(t_{table} - t_{ground}) = gh/c^2\, t_{ground}$

حيث c سرعة الضوء، و$g=9.8m/s^2$ هو تسارع غاليليو [عجلة الجاذبية]، وh ارتفاع الطاولة.

5 - يمكن كتابة المعادلات، أيضًا، باستخدام متغيّر واحد، t، «الإحداثي الزمني» temporal coordinate، لكن ذلك لا يؤشّر إلى الزمن الذي تقيسه الساعة (الذي يحدِّده ds وليس dt) ويمكن أن يتغير على نحو عشوائي من دون تغيّر العالم الموصوف. t لا يمثل مقدارًا فيزيائيًّا. ما تقيسه الساعة هو الزمن الاعتيادي على طول الكون γ، الذي يُستخلص من المعادلة: $t_\gamma = \int_\gamma \sqrt{g_{ab}(x)\,dx^a dx^b}$. وسوف نناقش لاحقًا العلاقة الفيزيائية بين هذا المقدار وds.

٢ - ضياعُ الاتّجاهِ

1 - راينر ماريا ريلكه:

Rainer Maria Rilke, *Duineser Elegien*, in Sämtliche *Werke*, Insel,

Frankfurt, vol. I, 1955, I, vv. 83–5.

2 - كانت الثورة الفرنسية لحظة غير عادية من الحيويّة العلمية حيث أُرسيت قواعد علوم الكيمياء، والبيولوجيا، والميكانيكا التحليلية، وغيرها الكثير. سارت الثورة الاجتماعية يدًا بيد مع الثورة العلمية. وكان أول عمدة ثوري لباريس عالِم فلك؛ وكان لازار كارنو عالم رياضيات، واعتَبر [جان بول] مارا نفسه، في المقام الأول، فيزيائيًّا. وكان [أنطوان] لافوازييه نشطًا في السياسة. ونال [جوزيف لوي] لاغرانج التكريم من الحكومات المختلفة التي تعاقبت في تلك اللحظة المعذَّبة والبديعة في تاريخ البشرية. انظر جونز:

S. Jones, *R evolutionary Science : Transformation and Turmo il in the Age of the Guillotine*, Pegasus, New York, 2017.

3 - تغيير المتاح: مثلًا، علامة (سالب/موجب) المجال المغناطيسي في معادلات ماكسويل، والشحنة charge، وتكافؤ الجسيمات الأولية parity، إلخ. المهم هنا هو الثبات وفقًا لمبدأ CPT (التناظر العكسي للشحنة – التكافؤ - الزمن).

4 - تحدد معادلات نيوتن كيفية تسارُع الأشياء، ولا يتغيّر التسارع (العجلة) إذا عرضتُ فيلمًا بالمعكوس. فتسارُع الحجر المقذوف إلى أعلى هو نفسه تسارع الحجر الساقط إلى أسفل. إذا تخيّلتُ السنين تترى إلى الوراء، سيدور القمر حول الأرض في الاتجاه العكسي، لكن القوّة التي تجذبه إلى الأرض لن تتغيّر.

5 - لا يتغير هذا الاستنتاج بإضافة الجاذبية الكمية. للاطلاع عل الجهود الرامية إلى التوصّل إلى أصل اتجاه الزمن، انظر، على سبيل المثال، تْسِيه:

H. D. Zeh, *Die Physik der Zeitrichtung*, Springer, Berlin, 1984.

6 - انظر كلاوزيوس:

R. Clausius, "Über verschiedene für di e Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie", *Annalen der*

Physik, 125, 1865, pp. 353– 400; p. 390.

7 - على وجه الخصوص مقدار الحرارة الذي يهرب من جسم ما مقسومًا على درجة الحرارة. عندما تهرب الحرارة من جسم ساخن وتدخل جسمًا باردًا، فإن إجمالي الإنتروبيا يزداد لأن الفارق في درجة الحرارة يجعل الإنتروبيا الناتجة عن الحرارة التي تهرب أقل من تلك الناجمة عن الحرارة التي تدخل. عندما تصل كل الأجسام إلى درجة الحرارة نفسها، تكون الإنتروبيا قد وصلت إلى حدها الأقصى: ويكون التوازن قد تحقّق.

8 - هو أرنولد سومرفيلد.

9 - هو فيلهلم أوستفالد.

10 - تعريف الإنتروبيا يتطلّب «تحبيبًا خشنًا» coarse graining، بمعنى: التمييز بين الحالات المجهريّة (الميكروسكوبية) والحالات الجهريّة (الماكروسكوبية). إنتروبيا الحالة الجهرية تتحدّد بعدد الحالات المجهرية المقابلة لها. في الديناميكا الحرارية الكلاسيكية، يعرَّف «التحبيب الخشن» لحظة اتخاذ قرار بالتعامل مع بعض متغيرات النظام بوصفها «قابلة للتلاعب» manipulable أو «قابلة للقياس» measurable من الخارج (حجم أو ضغط الغاز، على سبيل المثال). وتتحدّد الحالة الجهرية عن طريق تثبيت تلك المتغيّرات الجهرية.

11 - بمعنى: بطريقة حتمية deterministic إذا تغاضيتَ عن ميكانيكا الكم، وبطريقة احتمالية probabilistic إذا وضعت ميكانيكا الكم في الاعتبار. في كلتا الحالتين، ينطبق الأمر على المستقبل مثلما ينطبق على الماضي.

12 - المعادلة هي: $S = k \ln W$.، حيث S هي الإنتروبيا، وW عدد الحالات المجهرية، أو الحجم المقابل في فضاء الطور phase space، وK هي مجرّد رقم ثابت، يسمّى اليوم «ثابت بولتسمان»، يُعدّل الأبعاد (غير المحددة).

٣ - نهايةُ الحاضِرِ

1 - النسبية العامة، أينشتاين:

A. Einstein, “Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie ”, op. cit.

2 - النسبية الخاصة، أينشتاين:

A. Einstein, “Zur Elektrodynamik bewegter Körper ”, Annalen der Physik, 17, 1905, pp. 891–921.

3 - انظر هيفلي وكيتنغ:

J. C. Hafele and R. E. Keating, “Around - the - World Atomic Clocks: Observed Relativistic Time Gains ”, Science, 177, 1972, pp. 166–8.

4 - يتوقّف ذلك على t قدر ما يتوقّف على سرعتك وموضعك.

5 - كانت نظرية بوانكاريه - لورنتز Poincaré - Lorentz قد حاولت تقديم تفسير فيزيائي لـ t، لكن بطريقة بالغة الالتواء والتعقيد.

6 - كان أينشتاين كثيراً ما يؤكّد أن تجارب مايكلسون Michelson ومورلي Morley لم تلعب دورًا في توصُّله إلى الجاذبية النسبية. وأنا أصدقه في ذلك، كما أصدق أن ذلك يوضح عاملاً مهمًّا في فلسفة العلم. لكي تُحرِز تقدمًا في فهمك للعالم، ليس من الضروري دائمًا أن تحظى ببيانات جديدة. لم يكن كوبرنيكوس يمتلك بيانات رصديّة أكثر من بطليموس Ptolemy: كان قادرًا على استخلاص «مركزية الشمس» من البيانات المتاحة لبطليموس عن طريق تأويلها على نحو أفضل - تمامًا كما فعل أينشتاين مع معادلات ماكسويل.

7 - إذا رأيتُ أختي عبر تليسكوب تحتفل بعيد ميلادها العشرين وأرسلتُ إليها رسالة بالراديو تصل إليها في عيد ميلادها الثامن والعشرين، أستطيع القول إن الآن، هو عيد ميلادها الرابع والعشرين: منتصف الطريق بين الضوء المنطلق من هناك (20) والعائد إلى هناك (28). إنها فكرة لطيفة (ليست فكرتي، إنه

تعريف أينشتاين للـ«تزامن» (simultaneity). لكن هذا لا يحدّد زمنًا مشتركًا. إذا كان «بروكسيما بي» يتحرّك بعيدًا عني، وأختي تستخدم المنطق نفسه لحساب اللحظة المتزامنة مع عيد ميلادها الرابع والعشرين، لن تحصل على اللحظة الحاضرة هنا. بعبارة أخرى، في هذه الطريقة لتحديد التزامن، إذا كانت، بالنسبة إليّ، اللحظة (أ) في حياتها متزامنة مع اللحظة (ب) في حياتي، فإن العكس ليس صحيحًا: بالنسبة إليها (أ) و(ب) غير متزامنتَيْن. فالسرعة المختلفة لدى كل منّا تعيِّن سطحًا مختلفًا للتزامن. وحتى بهذا الطريقة لا نحصل على فكرة عن «حاضر» مشترك.

8 - مجموع الأحداث التي تبعد عن هنا بعدًا «شبيه مكاني» space - like.

9 - من بين أول من أدركوا ذلك كان كورت غودِل، بحد تعبيره: «فكرة ‹الآن› ليست أكثر من علاقة ما بين راصدٍ ما وبقية الكون».

Kurt Gödel, "An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein's Field Equations of Gravitation", *Reviews of Modern Physics*, 21, 1949, pp. 447–50.

10 - العلاقة مُتعدِّية transitive.

11 - حتى وجود علاقة «تسلسل جزئي» قد يكون أقوى كثيراً من الحقيقة، إن كان ثمة وجود للمنحنيات الزمنيّة المغلقة. حول هذا الموضوع انظر، على سبيل المثال، لاشييز - ري:

M. Lachièze - Rey, *Voyager dans le temps . La Physique moderne et la temporalité*, Éditions du Seuil, Paris, 2013.

12 - حقيقة عدم وجود استحالة منطقية في السفر إلى الماضي تتضح بجلاء في مقالة ممتعة كتبها ديفيد لويس، أحد أعظم فلاسفة القرن الماضي، بعنوان «تناقضات السفر عبر الزمن»:

David Lewis, "The Paradoxes of Time Travel", *American Philosoph ical Quarterly*, 13, 1976, pp. 145– 52, reprinted in *The Phi losophy of Time*, eds. R. Le Poidevin and M. MacBeath, Oxford University Press, Oxford, 1993.

13 - هذا هو التصوير البياني للبنية السببيّة causal structure لدالة ثقب أسود black hole metric في إحداثيات فينكلستاين.

14 - من بين الأصوات المعارضة، يظهر لنا عالمان عظيمان أكنُّ لهما صداقة ومحبة وإعجاب على وجه الخصوص: لي سمولين، وجورج إيليس. انظر:

Lee Smolin, *Time Rebor n*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, 2013 and George Ellis, "On the Flow of Time", FQXi Essay, 2008, https://arxiv.org/abs/0812.0240; "The Evolving Block Universe and the Meshing Together of Times", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1326, 2014, pp. 26– 41; *How Can Physics Underlie the Mind?*, Springer, Berlin, 2016.

كلاهما يصرّ على حتميّة وجود زمن تفضيليّ وحاضر حقيقي، حتى وإن لم تنجح الفيزياء الحالية في القبض عليهما. إن العِلمِ أشبه بالغرامِ: أعزّ الناس إلى قلوبنا هم أكثر من نخوض معهم نقاشات حيوية وخلافات في وجهات النظر. ويمكن للقارئ الاطلاع على دفاع بليغ عن الوجه الأساسي لحقيقة الزمن في كتاب أونغر وسمولين:

R. M. Unger and Lee Smolin, *The Singular Universe and the Reality of Time* , Cambridge University Press, Cambridge, 2015.

وثمة صديق عزيز آخر يدافع عن فكرة التدفّق الحقيقي لزمن مُفرَد هو سامي مارون؛ الذي استكشفتُ معه إمكانية إعادة كتابة فيزياء النسبية، بشكل يمُيز الزمن الذي يحدد إيقاع السيرورات (الزمن «الأيضي» metabolic time) عن

الزمن الكوني «الحقيقي». انظر:

S. Maroun and C. Rovelli, "Universal Time and Spacetime 'Metabolism'", 2015.

الأمر ممكنٌ، ومن ثم فإن وجهة نظر سمولين وإيليس ومارون يمكن الدفاع عنها. لكن هل ثمة جدوى من ذلك؟ إننا أمام خيار واضح: إما إجبار وَصْف العالم على أن يتكيّف مع حدسنا، أو، عوضًا عن ذلك، تعلُّم تكييف حدسنا على ما اكتشفناه عن العالم. وليس لدي شك كبير في أن الاستراتيجية الثانية هي الأكثر جدوى.

٤ - ضياعُ الاستقلالِ

1 - حول تأثير المخدرات على إدراك الزمن انظر سيويل وآخرين:

R. A. Sewell et al., "Acute Effects of THC on Time Perception in Frequent and Infrequent Cannabis Users", *Psychopharmacology*, 226, 2013, pp. 401–13.

أما التجربة المباشرة، فأمر مذهل.

2 - انظر أرستيلا:

V. Arstila, "Time Slows Down during Accidents", *Frontiers in Psycho logy*, 3, 196, 2012.

3 - في ثقافاتنا. هناك آخرون لديهم أفكار شديدة الاختلاف عن الزمن. انظر إيفريت:

D. L. Everett, *Don't Sleep, There are Snakes*, Pantheon, New York, 2008.

4 - إنجيل متّى، 20:1 - 16.

5 - انظر غاليسون:

P. Galison, *Einstein's Clo cks, Poincaré's Maps*, Norton, New York, 2003, p. 126.

6 - بإمكانك الاطلاع على تاريخ بانورامي رائع حول كيف عدَّلت التكنولوجيا مفهومنا عن الزمن شيئًا فشيئًا في كتاب فرانك:

A. Frank, *About Time*, Free Press, New York, 2001.

7 - انظر غولومبك، وبوسّي وأَغوستينو:

D. A. Golombek, I. L. Bussi and P. V. Agostino, "Minutes, Days and Years: Molecular Interactions among Different Scales of Biological Timing", *Philosophical Transactions of the Royal Society. Series B: Bi ological Sciences*, 369, 2014.

8 - الزمن هو: «رقم التغيرُّ، ما بين قبل وبعد»، أرسطو:

Aristotle, *Phys ics*, IV, 219 b 2; see also 232 b 22–3.

9 - انظر أرسطو:

Aristotle, *Physics*, trans. Robin Waterfield with an introduction and notes by David Bostock, Oxford University Press, Oxford, 1999, p. 105.

10 - انظر نيوتن:

Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Book I, def. VIII, scholium.

11 - المصدر السابق.

12 - بالإمكان الاطلاع على مقدمة لفلسفة المكان والزمن في كتاب فان فراسِن:

B. C. van Fraassen, *An Introductio n to the Philosophy of Time and*

Space, Random House, New York, 1970.

13 - معادلة نيوتن الأساسية هي: F = m d2x/dt2 (لاحظ أن الزمن t في صيغته التربيعية: هذا يشير إلى أن المعادلة لا تميِّز بين t و-t، بعبارة أخرى، تظلّ المعادلة على حالها سواء كان الزمن يتراجع إلى الخلف أم يتقدم إلى الأمام، كما أوضحتُ في الفصل الثاني.

14 - الغريب أن الكثير من المراجع المعاصرة في تاريخ العلم تقدّم النقاش بين لايبنتس والنيوتنيِّين وكأن لايبنتس كان الشخص المبتدع صاحب الأفكار النسبوية relationist الجريئة والمحدثة. والحقيقة أن العكس هو الصحيح: لقد دافع لايبنتس (بثروة من الحجج الجديدة) عن الفهم التقليدي السائد للمكان، الذي طالما كان فهمًا نسبويًّا، من أرسطو وحتى ديكارت.

15 - تعريف أرسطو أكثر دقة: مكان الشيء هو الحدود الداخلية لما يحيط بهذا الشيء. تعريف أنيق وبليغ.

٥ - كمّاتُ الزَّمَنِ

1 - أتحدث عن هذا الأمر بمزيد من التعمق في كتاب «الحقيقة ليست كما تبدو»:

Reality is Not What It Seems, trans. Simon Carnell and Erica Segre, Allen Lane, London, 2016.

2 - ليس بالإمكان تعيين درجة حرّية degree of freedom في منطقة ما من فضاء الطور phase space الخاصّ بها عند قيمة تقل عن ثابت بلانك.

3 - سرعة الضوء، وثابت نيوتن، وثابت بلانك.

4 - انظر:

Maimonides, *The Guide for the Per plexed*, I, 73, 106a.

5 - بإمكاننا محاولة استقراء أفكار ديمقريطوس من نقاشات أرسطو (على سبيل المثال في كتابه «الفيزياء».*Physics*, IV, 213) لكنّ الدليل لا يبدو لي كافيًا. انظر:

Democrito. Raccolta dei frammen ti,interpretazione e commentario di Salomon Luria, Bompiani, Milan, 2007.

6 - ما لم تكن نظرية «دي برولي - بوم» de Broglie - Bohm صحيحة، وفي تلك الحالة يكون للإلكترون موضعٌ - لكنه يُخفيه عنا. وهو الأمر الذي لا يختلف كثيراً، ربما، في نهاية المطاف.

7 - انظر روفيللي:

«Relational Quantum Mechanics», *Inte rnational Journal of Theoretical Physics*, 35, 1637 (1996), http:// arxiv.org/abs/quant - ph/9609002.

وانظر أيضًا:

«The Sky is Blue and Birds Fly Through It», http://arxiv.org/abs/1712.02894.

8 - أغنية Walk in the Sunshine لفريق Grateful Dead.

٦ - العالم مؤلَّفٌ من أحداث، لا من أشياء

1 - انظر نيلسن غودمان:

Nelson Goodman, *The Structure of Appearance*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1951.

٧ - قُصُورُ القواعِدِ اللغويَّةِ

1 - للاطلاع على آراء معارضة، انظر الفصل الثالث، الملاحظة رقم 14.

2 - بحسب المصطلحات الواردة في مقالة مرموقة كتبها جون مَكتاغرت، بعنوان «لا حقيقيّة الزمن»:

John McTaggart, "The Unreality of Time", *Min d*, N.S., 17, 1908, pp. 457–74; reprinted in *The Philos ophy of Time*, op. cit.

فإن هذا مكافئ لإنكار حقيقيّة المتتالية (أ) A - series (ترتيب الزمن في «ماضٍ – حاضر - مستقبل»). بذلك، يُختزل معنى التعيينات الزمنية إلى السلسلة (ب) B - series فقط (ترتيب الزمن في «قبل ذلك، بعد ذلك»). في رأي مكتاغرت، يتضمّن ذلك إنكار حقيقيّة الزمن. في رأيي الشخصي، أجد مكتاغرت متشدّدًا أكثر من اللازم: فكون سيارتي تعمل بطريقة مختلفة عمّا تخيلتُ وعمّا حدّدتُ سلفًا في رأسي لا يعني أن سيارتي ليست حقيقيّة.

3 - خطاب من أينشتاين إلى ابن ميشيل بيسو وشقيقته، 21 مارس 1955:

Albert Einstein and Michele Besso, *Correspondance, 1903 – 1955*, Hermann, Paris, 1972.

4 - الحجة الكلاسيكية للتدليل على الكتلة الكونية يوردها الفيلسوف هيلاري بوتنام في مقالة شهيرة نشرت العام 1967:

Hilary Putnam, "Time and Physical Geometry ", *Journal of Philosophy*, 64, pp. 240–47

يستخدم بوتنام تعريف آينشتاين للتزامن. كما رأينا في الفصل الثالث، الملاحظة السابعة، إذا تحركَت الأرض وكوكب «بروكسيما بي» بالنسبة إلى أحدهما الآخر، ولنقُل إنهما اقتربا أحدهما من الآخر، فإن الحدث (أ) على الأرض يتزامن (بالنسبة إلى ساكن الأرض) مع الحدث (ب) على «بروكسيما بي»، والذي بدوره يتزامن (لهؤلاء الموجودين على «بروكسيما بي») مع الحدث (ج) على الأرض، والذي هو حدثٌ مستقبليّ بالنسبة إلى الحدث (أ). يفترض بوتنام أن «كَون شيئان يتزامنان» يقتضي كونهما «حقيقيَّيْن الآن»، ويستخلص أن الحدث في

المستقبل (مثل الحدث (ج)) حقيقي الآن. لكن الخطأ يكمن في افتراض أن تعريف أينشتاين للتزامن له قيمة أنطولوجيّة، في حين أنه مجرد تعريف توفيقي. إنه يهدف إلى تعيين فكرة نسبية قابلة للاختزال إلى الفكرة غير النسبية عبر التقريب. لكن التزامُن غير النسبي فكرة انعكاسية reflexive ومتعدّيّة transitive، بينما تزامُن أينشتاين ليس كذلك، وهكذا فلا معنى لافتراض أن الاثنتين لهما ذات الأنطولوجيا في ما هو أبعد من التقريب.

5 - كان غودِل هو من دفعَ بأن اكتشاف الفيزياء لاستحالة الحاضريّة يقتضي ضمنًا أن يكون الزمن وهمًا، انظر:

Kurt Gödel, "A Remark about the Relationship between Relativity Theory and Idealistic Philosophy", *Alb ert Einstein: Philoso pher - Scientist*, ed. P. A. Schlipp, Library of Living Philosophers, Evanston, 1949).

ويكمن الخطأ دائمًا في تحديد الزمن بوصفه كتلة مفهومية واحدة إما أن تكون موجودة بكاملها أو غير موجودة بكاملها. وبإمكانك الاطلاع على مناقشة مستفيضة لهذه النقطة في كتاب دوراتو:

Mauro Dorato, *Che cosê il tempo?*, op. cit., p. 77.

6 - انظر، على سبيل المثال، كواين:

W. V. O. Quine, «On What There Is», *Rev iew of Metaphysics*, 2, 1948, pp. 21– 38.

وكذا النقاش الرهيف حول معنى الحقيقة لدى أوستن:

J. L. Austin, *Sense and S ensibilia*, Clarendon Press, Oxford, 1962.

7 - دي هيد، بحسب ما نقل عنه كآن:

De Hebd., II, 24, cited in C. H. Kahn, *Anaximander and t he Origins of*

Greek Cosmolog y, Columbia University Press, New York, 1960, pp. 84–5.

8 - بعض الأمثلة على نقاشات مهمة أيَّدَ فيها أينشتاين بقوة إحدى الأطروحات ثم غيَّرَ رأيه فيها في ما بعد: 1 - تمدُّد الكون (سخرَ منها في البداية، ثم قبِلها)؛ 2 - وجود موجات جذبيّة (تعامل معها في البداية كأمر واضح، ثم رفضها، ثم قبِلها مجدداً)؛ 3 - معادلات النسبية لا تعترف بحلول من دون مادة (أطروحة طالما حازت تأييدًا ثم هُجرت في ما بعد - عن جدارة)؛ 4 - لا شيء يوجد في ما وراء أفق شفارتزشيلد horizon of Schwarzschild (خطأ، وإن كان - ربما - لم يُدرك هذا قَطّ)؛ 5 - معادلات المجال الجذبي لا يمكن أن تكُون متغايراً عامًّا general covariant (وهو ما أكدته أعمال غروسمان العام 1912؛ وبعد ثلاث سنوات، دفع أينشتاين بالعكس)؛ 6 - أهمية الثابت الكوني cosmological constant (أكّدها أولاً، ثم أنكرها - وكان مصيبًا في رأيه الأول)...

٨ - الدِّيناميكيّة بوصْفِها علاقةً

1 - الشكل العام للنظرية الميكانيكيّة التي تصِف تطور أي نظام في الزمن يُستخلص من فضاءٍ طوريّ phase space ومؤثّر هاملتوني يرمز له بالحرف H. يوصف التطوّر بالمدارات التي يولِّدها H، ويقاس معياريًّا بالزمن t. أما الشكل العام للنظرية الميكانيكية التي تصِف تطورات المتغيّرات في علاقتها ببعضها البعض، فيُستخلص، بدلًا من ذلك، من فضاءٍ طوريّ وقَيْد constraint يرمز له بالحرف C. والعلاقات بين المتغيرات تُستخلص من خلال المدارات التي يولدها القّيْد C في الفضاء الجزئي subspace: C=0. القياس المعياري لهذه المدارات ليس له معنى فيزيائي. وبالإمكان الاطلاع على مناقشة تقنية مفصّلة في الفصل الثالث من كتاب «الجاذبية الكمية» لروفيللي:

Carlo Rovelli, *Quantum Gravity*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

وللاطلاع على تقرير تقني، انظر مقالة روفيللي:

Carlo Rovelli, "Forget Time", *Foundations of Physics*, 41, 2011, pp. 1475– 90, https://arxiv.org/abs/0903.3832.

2 - بالإمكان الاطلاع على تقرير يتناول، بقدر من السلاسة، الجاذبية الكمّية الحلقيّة في كتاب روفيللي «الحقيقة ليست كما تبدو»:

Rovelli, *Reality is Not What I t Seems*, op. cit.

3 - انظر ديويت:

B. S. DeWitt, "Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory", *Physical Revi ew*, 160, 1967, pp. 1113–48.

4 - انظر ويلَر:

J. A. Wheeler, "Hermann Weyl and the Unity of Knowledge", *American Scie ntist*, 74, 1986, pp. 366–75.

5 - انظر باترفيلد وإيشام:

J. Butterfield and C. J. Isham, "On the Emergence of Time in Quantum Gravity", in *The Arguments of Time*, ed. J. Butterfield, Oxford University Press, Oxford, 1999, pp. 111–68 (http:// philsci - archive. itt.edu/ 1914/1/EmergTimeQG=9901024.pdf).

وانظر تْسِيه:

H.-D.Zeh, *Die Physik der Zeitrichtung*, op. cit., *Physics Mee ts Philosophy at the Planck Scale*, ed. C. Callender and N. Huggett, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

وانظر كذلك كارول:

S. Carroll, *From Eternity to Here*, Dutton, New York, 2010.

6 - الشكل العام للنظرية الكَميّة التي تصف تطوّر أي نظام في الزمن يُستخلص من فضاء هلبرت Hilbert space ومؤثّر هاملتوني H. هذا التطوّر موصوف في معادلة شرودنغر: $i\hbar\partial_t\Psi = H\Psi$. احتمالية قياس حالة بحتة pure state، (Ψ)، لزمن ما (t) بعد قياس حالة (Ψ‹) تُستخلص من سعة الانتقال transition amplitude، $\{\Psi|\exp[-iHt/\hbar]|\Psi'\}$. أما الشكل العام للنظرية الكَميّة التي تصف تطور المتغيّرات في علاقتها مع بعضها البعض فيُستخلص من فضاء هلبرت ومعادلة ويلر - ديويت: CΨ=0. وتتحدّد احتمالية قياس حالة (Ψ‹) بعد إتمام قياس الحالة (Ψ) بالسعة $\{\Psi|\int d\tau\exp[-iC\tau/\hbar]|\Psi'\}$. وبالإمكان الاطلاع على نقاش تقني مفصَّل في الفصل الخامس من كتاب «الجاذبية الكمية» لروفيللي:

Carlo Rovelli, *Quantum Gravity*, op. cit.

ولنسخة تقنيّة موجزة، انظر مقالة «انسَ الزمن»، لروفيللي:

Carlo Rovelli, «Forget Time», op. cit.

7 - انظر ديويت:

S. DeWitt, *Sopra un raggio di luce*, Di Renzo, Rome, 2005.

8 - هناك ثلاث من تلك المعادلات: وهي تحدّد فضاء هلبرت في النظرية التي تحدد الدوال الأوليّة operators، تلك النظرية التي تصِف فيها حالاتٌ إيجن eigenstates كمّاتَ المكان واحتماليةَ الانتقالات بينها.

9 - الدوران المغزلي spin هو مقدار تمثيلات «مجموعة التدوير» في المكان

ثلاثي الأبعاد (3) SO. وتشترك الرياضيات التي تصف الشبكات المغزلية في هذا الملمح مع رياضيات المكان الفيزيائي الاعتيادي.

10 - هذه المناقشات موضحة بالتفصيل في كتاب «الحقيقة ليست كما تبدو»، لكارلو روفيللي:

Carlo Rovelli, *Reality is Not What It Seems*, op. cit.

٩ - الزَّمَنُ جَهْلٌ

1 - قارن: سفر الجامعة، 3: 2 - 4.

2 - تحديدًا، المؤثر الهاملتوني H، أي الطاقة بوصفها دالة للموضع والسرعة.

3 - dA / dt ={A, H}، حيث { , } هي أقواس بواسون Poisson brackets وA أي متغيّر.

4 - مبدأ إرغوديك Ergodic.

5 - تُقرأ المعادلات في صياغات بولتسمان القانونية canonical أفضل مما تُقرأ في الشكل القانوني المجهري microcanonical الذي أحيل إليه في النص: حالة ρ= exp [- H / kT] الذي يُولِّد تطوّر الزمن H تتحدّد بالمؤثّر الهاملتوني.

6 - H= - kT ln [ρ] تحدّد مؤثرًا هاملتونيًّا H (إلى حدٍّ أقصى مقداره ثابت تكراري multiplicative constant)، ومعه زمن «حراري»، يبدأ من الحالة ρ.

7 - انظر بنروز:

Roger Penrose, *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford, 1989; *The Road to Reality*, Cape, London, 2004.

8 - في لغة الكتب المدرسيّة التي تتناول ميكانيكا الكم، اصطُلح على تسمية ذلك بـ«القياس» measure. مجدّدًا، ثمة شيء مضلل في هذه اللغة، بالنظر إلى

حديثها عن المختبرات الفيزيائية أكثر من حديثها عن العالم الـمُعاش.

9 - تُبيّن مُبرهَنة توميتا - تاكيساكي Tomita - Takesaki أن الحالة state في جبر فون نيومان تُعرِّف التدفُّق (أسرة أحادية البارامیتر one - parameter family من التماثلات الذاتية المقاسيّة modular automorphisms) وقد بيَّن كُون أن التدفّقات التي تعرِّفها الحالات المختلفة تظلّ تتكافأ إلى أن تصل إلى التماثلات الذاتية الداخلية internal automorphism، ومن ثم فهي تعرِّف تدفقًّا مجرّدًا لا يتحدد إلا بالبِنيَة اللاتبادليّة لهذا الجبر.

10 - التماثلات الذاتية الداخلية للجبر المشار إليها في الملاحظة السابقة.

11 - في معادلة فون نيومان الجبرية، يكون الزمن الحراري الخاص بحالة ما هو نفسه تدفق توميتا! والحالة، في ما يخصّ هذا التدفق، هي حالة KMS («كوبو – مارتان - شوينغر).

12 - انظر روفيللي:

Carlo Rovelli, “Statistical Mechanics of Gravity and the Thermodynamical Origin of Time ”, *Classical and Quantum Gravi ty*, 10, 1993, pp. 1549– 66.

وانظر أيضًا كُون وروفيللي:

Alain Connes and Carlo Rovelli, “Von Neumann Algebra Automorphisms and Time–Thermodynamics Relation in General Covariant Quantum Theories”, *Classical and Quantu m Gravity*, 11, 1994, pp. 2899–918.

13 - انظر كُون، وشيرو، ودِكسمير:

A. Connes, D. Chéreau and H. Dixmier, *Le Théâtre q uantique*, Odile Jacob, Paris, 2013.

١٠ - المنظورُ

1 - ثمة الكثير من مناحي الارتباك في هذا السؤال. وبالإمكان قراءة أحد الانتقادات الوجيهة الممتازة لدى إيرمان:

J. Earman, "The 'Past Hypothesis': Not Even False", *Studies in His tory and Philosophy of Modern Physics*, 37, 2006, pp. 399–430.

إذ يقول إيرمان في مقالته إنني أنا أستخدم عبارة «الإنتروبيا الأولية المنخفضة»، في كتابي، بمعناها شديد العمومية، ما يجعل من الصعب على القارئ أن يفهمها جيداً.

2 - انظر كتاب نيتشه، «العلم المرح»، بتعليق المترجم كاوفمان:

Friedrich Nietzsche, *The Gay Science*, trans. with commentary by Walter Kaufman, Vintage, New York, 1974, p. 297.

3 - بإمكانك الاطلاع على التفاصيل التقنية في مقالة روفيللي:

Carlo Rovelli, "Is Time's Arrow Perspectival?" (2015), in *The Philosophy of Cosmology*, ed. K. Chamcham, J. Silk, J. D. Barrow and S. Saunders, Cambridge University Press, Cambridge, 2017, https://arxiv.org/abs/1505.01125.

4 - في الصياغات الكلاسيكية للديناميكا الحرارية لا نصِف أي نظام إلا بعد أن نحدّد أولًا بعض المتغيّرات التي نفترض أن بوسعنا التأثير عليها من الخارج (تحريك مكبس، على سبيل المثال)، أو التي نفترض أن بوسعنا قياسها (التركيز النسبي للمكوِّنات، على سبيل المثال). تلك هي «متغيّرات الديناميكا الحرارية». الديناميكا الحرارية ليست وصفًا صادقًا للنظام، إنها وصفٌ لـتلك المتغيّرات في النظام: المتغيّرات التي نفترض أن بوسعنا التفاعل مع النظام من خلالها.

5 - مثلًا، إنتروبيا الهواء في هذه الغرفة لها قيمة مستقاة من الهواء بوصفه غازًا

متجانسًا، لكنها تتغيرّ (تقل) إذا قِستُ تركيبه الكيميائي.

6 - من الفلاسفة المعاصرين الذين ألقوا الضوء على هذه الجوانب من الطبيعة المنظوريّة للعالم، جِنان إسماعيل:

Jennan T. Ismael, *The Situated Self.* Oxford University Press, New York, 2007.

كذلك وَضَعَت إسماعيل كتابًا ممتازًا حول الإرادة الحرة:

How Physics Makes Us Free ,Oxford University Press, New York, 2016.

7 - يقترح ديفيد ألبرت رفع هذه الحقيقة إلى مصاف القوانين الطبيعية، ويُطلق عليها «فرضية الماضي» past hypothesis:

David Z. Albert, *Time and Chance*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 2000.

١١ - ما الّذي ينشأُ عنِ التعينُّ

1 - هذا مصدر آخر للارتباك، لأن السحابة المتكثّفة تبدو وكأنها أكثر «ترتيبًا» من السحابة المبعثرَة. لكنها ليست كذلك، لأن سرعة الجزيئات في السحابة المبعثرَة صغيرة جدًّا (بطريقة مرتَّبة)، بينما تزداد سرعة الجزيئات عندما تتكثّف السحابة وتنتشر في فضاء الطور phase space. تتركّز الجزيئات في فضاء (مكان) فيزيائي لكنّها تتبعثر في فضاء (مكان) الطور، وهو المكان المعنيّ.

2 - انظر، على وجه الخصوص، كاوفمان:

S. A. Kauffman, *Humanity in a Creative Universe*, Oxford University Press, New York, 2016.

3 - بالإمكان الاطلاع على نقاش حول أهمية وجود هذه البِنيَة المتشعبة للتفاعلات في العالم من أجل فهم تزايد الإنتروبيا المحلية، على سبيل المثال،

في كتاب رايشنباخ، الذي يُعَدّ نصًّا أساسيًّا لكل من تساوره الشكوك بشأن تلك الحجج، ولكل مهتم بتتبّعها على نحو أكثر تعمّقًا.

Hans Reichenbach, *The Direction of Time*, University of California Press, Berkeley, 1956.

4 - حول العلاقة المحددة بين الآثار والإنتروبيا، انظر رايشنباخ:

Hans Reichenbach, *The Direction of Time*, op. cit.,

وعلى وجه الخصوص، النقاش حول العلاقة بين الإنتروبيا، والآثار، و[مبدأ]السبب المشترك (أو العلّة المشتركة) common cause. وانظر أيضًا ألبرت:

D. Z. Albert, *Time and Chance*, op. cit.

وبالإمكان الاطلاع على مقاربة حديثة عند وُلبرت:

D. H. Wolpert, "Memory Systems, Computation and the Second Law of Thermodynamics", *International J ournal of Theoretica l Physics*, 31, 1992, pp. 743–85.

5 - حول صعوبة ما يعنيه «السبب» بالنسبة إلينا، انظر كارترايت:

N. Cartwright, *Hunting Cau ses and Using Them*, Cambridge University Press, New York, 2007.

6 - «السبب المشترك» (أو «العلّة المشتركة» common cause) بمصطلحات رايشنباخ.

7 - راسل:

Bertrand Russell, "On the Notion of Cause", *Proceedings of the Aristotelian Society*, N. S., 13, 1912– 1913, pp. 1–26.

8 - انظر كارترايت:

N. Cartwright, *Hunting Causes and Using Them*, op. cit.

9 - للاطلاع على نقاش بليغ حول مسألة اتجاه الزمن، انظر برايس:

H. Price, *Time's Arrow and Arch imedes' Point*, Oxford University Press, Oxford, 1996.

١٢ - رائحةُ المادْلين

1 - انظر:

Mil., II, 1, in *Sacred Books of the East*, vol. XXXV, 1890.

2 - انظر روفيللي:

Carlo Rovelli, *Meaning = Info rmation + Evolution*, 2016, https://arxiv.org/abs/1611.02420.

3 - انظر تونوني، وسبورنس، وإيدلمان:

G. Tononi, O. Sporns and G. M. Edelman, "A Measure for Brain Complexity: Relating Functional Segregation and Integration in the Nervous System", *Proceedi ngs of the National Academy of Sciences USA*, 91, 1994, pp. 5033–7.

4 - انظر هوهوي:

J. Hohwy, *The Predictive Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2013.

5 - انظر على سبيل المثال مانتي، وسوسيللو، وشينوي، ونيوسوم:

V. Mante, D. Sussillo, K. V. Shenoy and W. T. Newsome, "Context -

dependent Computation by Recurrent Dynamics in the Prefrontal Cortex", *Nature*, 503, 2013, pp. 78–84.

وانظر أيضًا الأدبيات المذكورة في هذه المقالة.

6 - انظر بونومانو:

D. Buonomano, *Your Brain is a Time Machine: The Neuroscience and Phy sics of Time*, Norton, New York, 2017.

7 - انظر:

La Condemn ation parisienne de 1277, ed. D. Piché, Vrin, Paris, 1999.

8 - انظر هوسرِل:

Edmund Husserl, *Vorlesung en zur Phänomenologi e des inneren Zeitbe wusstseins*, Niemeyer, Halle a. d. Saale, 1928.

9 - في النص المذكور، يصر هوسرِل أن هذا لا يشكل «ظاهرة فيزيائية». بالنسبة إلى فيلسوف طبيعيّ، يبدو هذا الأمر مثل إعلانٍ لمبدأ: إنه لا يريد أن يرى الـذاكرة بوصـفها ظـاهرة فيزيائيـة لأنـه قـرّر مسـبقًا اسـتخدام الخبـرة الفينومينولوجية (الظاهراتية) كنقطة انطلاق لتحليله. وتُظهر دراسة ديناميّات الخلايا العصبية في المخ كيف تتجلّى الظاهرة بالمعنى الفيزيائي: حاضر الحالة الفيزيائية لمخّي «يحتجز» حالته الماضية، وتلك الحالة تخبو تدريجيًّا أكثر فأكثر كلما ابتعدنا عن الماضي. انظر، على سبيل المثال، الجزائري وشادلِن:

M. Jazayeri and M. N. Shadlen, "A Neural Mechanism for Sensing and Reproducing a Time Interval", *Current Biolog y*, 25, 2015, pp. 2599–609.

10 - انظر هايدغر:

Martin Heidegger, “Einführung in die Metaphysik” (1935), in *G esamtausgabe*, Klostermann, Frankfurt am Main, vol. XL, 1983, p. 90.

11 - انظر هايدغر:

Martin Heidegger, *Sein und Zeit* (1927), in *Gesa mtausgabe*, op. cit., vol. II, 1977, *passim* ; trans. as *Being and Time.*

12 - انظر بروست:

Marcel Proust, *Du côté du chez Swann*, in À *la Recherche du temps perdu*, Gallimard, Paris, vol. I, 1987, pp. 3–9.

13 - المصدر السابق:

Ibid., p. 182.

14 - انظر فيكاريو:

G. B. Vicario, *Il tempo. Saggio di psicologia sperimentale*, Il Mulino, Bologna, 2005.

15 - يمكنك مقابلة تلك الملاحظة، وهي شائعة جدًّا، على سبيل المثال، في مقدمة كتاب مَكتاغرت:

J. M. E. McTaggart, *The Nature of Existence*, Cambridge University Press, Cambridge, vol. I, 1921.

16 - ما يسميها هايدغر Lichtung، في أماكن مختلفة داخل كتابه، في هايدغر:

Martin Heidegger, *Holzwege* (1950), in *Gesamtausgabe*, op. cit., vol. V, 1977.

17 - في رأي دوركايم، أحد مؤسِّسي علم الاجتماع، وغيره من مجالات الفكر

العظيمة، يضرب مفهوم الزمن بجذوره في المجتمع - وعلى وجه الخصوص في البِنيَة الدينية التي تؤلِّف الشكل الأوّلي. لكن إذا كان لذلك أن ينطبق على الجوانب المعقدة من فكرة الزمن - على «الطبقات الأكثر خارجية» من فكرة الزمن - يبدو لي أنه من الصعوبة بمكان توسيع نطاقه ليشمل خبرتنا المباشرة عن مرور الزمن: فهناك ثدييّات أخرى تمتلك أدمغة تشبه أدمغتنا على وجه التقريب، ومن ثم فهي تعيش خبرة مرور الزمن مثلنا، من دون أي حاجة إلى مجتمع أو دِين. انظر:

Durkheim , *Les Formes élément aires de la vie reli gieuse*, Alcan, Paris, 1912.

18 - حول الجانب التأسيسي من الزمن في السيكولوجيا البشرية، انظر كتاب جيمس الكلاسيكي:

William James, *The Principles of Psychology*, Henry Holt, New York, 1890.

19 - انظر:

Maha ¯ vagga, I, 6, 19, in *Sacred Bo oks of the East*, vol. XIII, 1881.

وللمفاهيم المتعلّقة بالبوذية، اعتمدتُ على وجه الخصوص على أولدنبرِغ:

H. Oldenburg, *Buddha*, Dall'Oglio, Milan, 1956.

20 - استمع إلى كلمات أوبرا «فارس الوردة» *Der Rosenkavalier*، الفصل الأول.

١٣ - مصادرُ الزَّمَنِ

1 - سِفر الجامعة: 3:2.

2 - لشرح خفيف وممتع، إنما مطِّلع، لهذه الجوانب من الزمن، انظر كالندر وإدني:

C. Callender and R. Edney, *Introducing Time*, Icon Books, Cambridge, 2001.

شقيقةُ النَّوْمِ

1 - المهابهارتا، III, 297.

2 - قارن المهابهارتا، I, 119.

3 - انظر بالستريري:

A. Balestrieri, “Il disturbo schizofrenico nell’evoluzione della mente umana. Pensiero astratto e perdita del senso naturale della realtà”, *Comprendre*, 14, 2004, pp. 55–60.

4 - انظر كالاسو:

Roberto Calasso, *L ’ardore*, Adelphi, Milan, 2010.

5 - سِفر الجامعة، 12:6 - 7.